

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-188092

(43)公開日 平成6年(1994)7月8日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 G 1/00				
H 0 1 J 35/08	A	7354-5E		
H 0 4 N 5/32				
H 0 5 G 1/64	A	8119-4C		
		8119-4C	H 0 5 G 1/00	E
審査請求 未請求 請求項の数19(全 14 頁)				

(21)出願番号 特願平4-336468

(22)出願日 平成4年(1992)12月17日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 越柴 洋哉

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 中川 泰夫

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

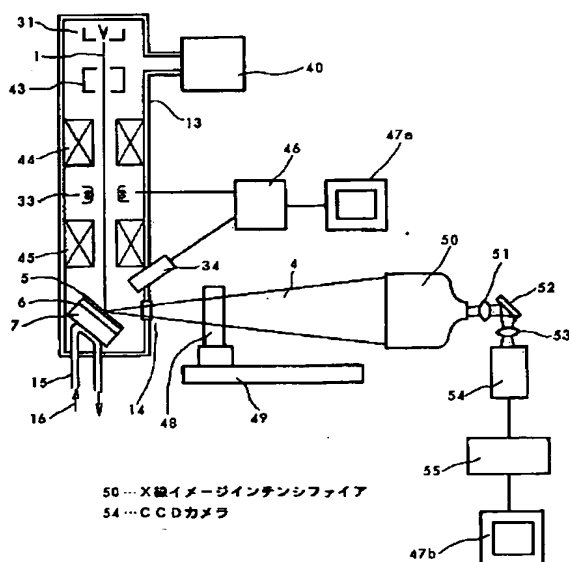
(54)【発明の名称】 X線発生用ターゲットとX線源とX線撮像装置

(57)【要約】

【目的】 焦点サイズが微小であり、かつ、冷却可能なX線発生用ターゲットにより、高出力のX線線源を構成し、このX線線源を備えた高解像度のX線撮像装置を提供する。

【構成】 支持体7に電子吸収層6を接合し、さらに、タングステン膜を蒸着したX線発生層5を有するターゲットTに対し、微細な電子線1を照射する。電子線1の照射により発生した熱は冷媒16で冷却される。X線発生層5から発生したX線4を取りだし、試料48に照射し、その透過像をX線イメージインテンシファイア50と冷却形CCDカメラ54により検出する。電子線1のビーム径を1 $\mu$ m以下とし、X線発生層5のタングステン膜の1 $\mu$ mとすると、約1 $\mu$ mの微小焦点サイズのX線線源が得られ、このX線線源を備えたX線撮像装置により半影ボケのない鮮明なX線透視画像が得られる。

図 19



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、このX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなることを特徴とするX線発生用ターゲット。

【請求項2】X線発生層は複数の材質からなることを特徴とする請求項1記載のX線発生用ターゲット。

【請求項3】微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなることを特徴とするX線発生用ターゲット。

【請求項4】X線発生体は、少なくとも一個からなることを特徴とする請求項3記載のX線発生用ターゲット。

【請求項5】X線発生体は、複数の材質からなることを特徴とする請求項3および請求項4記載のX線発生用ターゲット。

【請求項6】電子線吸収層は、金属の支持体により支持されていることを特徴とする請求項1ないし請求項5記載のいずれかX線発生用ターゲット。

【請求項7】電子線吸収層は銅系の金属板にベリリウム箔を接合して形成し、X線発生層は前記ベリリウム箔の電子線吸収層にタングステン膜を蒸着して形成した反射形を特徴とする請求項6記載のX線発生用ターゲット。

【請求項8】照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなる反射形X線発生用ターゲットと、前記ターゲットを前記電子線吸収層側から冷却する手段とを有し、前記X線発生層側からX線を取り出すように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項9】X線発生用ターゲットは、その電子線吸収層を支持体により支持されていることを特徴とする請求項8記載のX線源。

【請求項10】電子線吸収層側からX線発生用ターゲットを冷却する手段は、電子冷却素子により構成したことを特徴とする請求項8、9記載のいずれかX線源。

【請求項11】照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットと、前記ターゲットを回転させる手段とを備えたことを特徴とするX線源。

【請求項12】微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットと、前記ターゲットを回転させる手段とを備えたことを特徴とするX線源。

【請求項13】電子線を偏向する手段とX線発生用ターゲットと前記ターゲットからの反射電子、2次電子を検出する手段とを備え、前記検出手段による走査像によ

り前記電子線の焦点を前記ターゲットに合わせる手段とを備えたことを特徴とするX線源。

【請求項14】X線発生用ターゲットは、そのX線発生部位に電子線の焦点合せ用メッシュを具備することを特徴とする請求項13記載のX線源。

【請求項15】X線発生用ターゲットは、そのX線発生部位に電子線の焦点合せ用表面模様を具備することを特徴とする請求項13記載のX線源。

【請求項16】電子線を偏向し回転走査させる手段と、円環状のX線発生体を具備するX線発生用ターゲットとを有し、前記電子線を回転走査させる手段により前記電子線を回転走査させ、前記X線発生体上のX線発生点を回転させるように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項17】電子線を偏向する手段と、複数の材質からなるX線発生体を具備するX線発生用ターゲットとを有し、前記電子線を偏向する手段により前記ターゲットに対する電子線の照射位置を変更し発生させる特性X線を切換えるように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項18】電子線を偏向する手段と複数の材質からなるX線発生層を具備するX線発生用ターゲットとを有し、前記電子線を偏向する手段により前記ターゲットに対する電子線の照射位置を変更し発生させる特性X線を切換えるように構成したことを特徴とするX線源。

【請求項19】照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを有するX線発生用ターゲットを備え、前記ターゲットを微細な電子線により照射し前記X線発生層側からX線を取り出すと共に前記電子線吸収層側から冷却するX線源と、試料を透視したX線像を表示するX線イメージインテンシファイアと冷却形CCDカメラとからなる検出系とから構成したことを特徴とするX線撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、X線発生用ターゲットとX線源とX線撮像装置に係り、特に、高解像度X線透視に好適なX線発生用ターゲットと微小焦点X線源とX線撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のX線撮像装置においては、高解像度が要求されていた。X線撮像装置における検出解像度を支配する一要因として、X線源の焦点寸法が挙げられる。このため、高解像度が要求されるX線撮像装置においては、微小焦点のマイクロフォーカスX線源が使用されている。マイクロフォーカスX線源に使用されるX線発生用ターゲット（以下、ターゲットという）は、ターゲットから横方向に出たX線を用いる反射形とターゲットを透過したX線を用いる透過形とに大別される。

【0003】反射形ターゲットは、ターゲットの冷却性

については優れているが、ターゲット内での電子線の拡がりが大きくなるため、解像度については不利であるという欠点があった。透過形ターゲットは、解像度についてはターゲット内での電子線の拡がりを小さくできるため優れているが、冷却性が悪いという欠点があった。しかし、一般的には、電子線の拡がりが小さいという長所により透過形ターゲットが多く用いられていた。

【0004】まず、図20を参照して従来の技術を説明する。図20は従来の透過形のターゲットの断面図である。図20において、1は集束電子線、2は薄膜ターゲット、3は領域、4はX線である。X線は、カソードから放射された熱電子の集束電子線1を直流の高電圧によって加速し、薄膜ターゲット2に照射すると、領域3でX線4が発生する。この薄膜ターゲット2を透過したX線4が使用される。X線発生領域3の大きさは、集束電子線1の加速電圧とビーム径およびターゲット2の材質と膜厚とによって定まる。

【0005】微小な焦点サイズのX線を得るためには、ターゲット2の膜厚を薄くしなければならないが、逆に温度上昇の面で不利になり、高出力のターゲット、X線源が得られないという致命的な欠点があった。このような透過形ターゲットを使用したX線源については、例えば、特開平3-274500号に記載されているが、集束電子線1を透過形ターゲット2に照射して、微小焦点サイズのX線源を得るというものであった。

【0006】また、近時、応用分野の拡大している特性X線については、波長の異なる種々のX線の利用が多く、そのためにはターゲットの材質を波長の変更のたびに切り換えなければならないという欠点があった。また、上述の高出力のターゲット、X線源が得られないことは、X線撮像装置が高解像度でないという欠点の原因でもあった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記反射形ターゲットは、冷却性については優れており、高出力のターゲット、X線源が得られるという利点を生かそうとしても、一定の厚みを有するため照射した集束電子線によるX線発生領域が拡大され、焦点サイズの微小化ができないという問題があった。また、前記焦点サイズの微小化ができないという問題が高解像度の透視に必要な微小焦点のマイクロフォーカスX線源が得られないという問題でもあった。さらにまた、特性X線の波長の変更におけるターゲットの材質の交換は、撮像装置の真空装置を停止して実施するため、長時間を要し実用的でないという問題があった。さらにまた、上記の諸問題は、高解像度のX線撮像装置がえられないという問題の原因でもあった。

【0008】本発明は、上記従来技術の問題点を解決するためになされたもので、第1の目的は、冷却性が良いという長所を持ち、かつ、X線の発生領域を小さくしたX線発生用ターゲットを提供することにある。

【0009】第2の目的は、上記ターゲットを使用した高出力のX線が得られるX線源を提供することにある。第3の目的は、特性X線を出力するX線源においては、ターゲットの材質を変更し、容易、かつ、迅速に波長の変更できるX線源を提供することにある。第4の目的は、上記高出力のX線源を使用した高解像度のX線撮像装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記第一の目的を達成するために、X線発生用ターゲットに係る第一の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とから構成したものである。上記X線発生層は複数の材質から構成したものである。また、X線発生用ターゲットは、微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とから構成したものである。

【0011】上記X線発生体は、少なくとも一個の発生体から構成したものである。また、上記X線発生体は、複数の材質から構成したものである。上記電子線吸収層は、金属の支持体により支持されているようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、電子線吸収層を銅系の金属板にベリリウム箔を接合して形成し、X線発生層を前記電子線吸収層にタングステン膜を蒸着して形成し反射形としたものである。

【0012】また、上記第二の目的を達成するために、X線源に係る第二の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなる反射形X線発生用ターゲットと、前記ターゲットを前記電子線吸収層側から冷却する手段と、X線発生層側からX線を取り出す手段とから構成したものである。上記電子線吸収層側から冷却する手段は、電子冷却素子により構成したものである。上記電子線吸収層は金属の支持体により支持されているようにしたものである。

【0013】また、X線源は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットを回転させるようにしたものである。X線源は、微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とからなるX線発生用ターゲットを有し、前記ターゲットを回転させるようにしたものである。

【0014】また、X線源は、電子線を偏向する手段とX線発生用ターゲットからの反射電子や2次電子を検出する手段とを備え、前記検出手段による走査像により前記電子線の焦点を前記ターゲットに合わせるようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、X線を発生する部位に電子線の焦点合せ用のメッシュを具備させるようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、

X線を発生する部位に電子線の焦点合せ用の表面模様を具備させるようにしたものである。

【0015】また、X線源は、電子線を偏向し回転走査させる手段と、円環状のX線発生体を具備したX線発生用ターゲットを備え、前記電子線を偏向する手段により前記電子線を回転走査させ、前記円環状のX線発生体上のX線発生点を回転させるようにしたものである。

【0016】上記第三の目的を達成するために、特性X線を発生させるX線源に係る第三の発明の構成は、電子線を偏向する手段と、複数の材質を有するX線発生体または複数の材質を有するX線発生層のいずれかを有するX線発生用ターゲットとを備え、前記電子線を偏向する手段により前記ターゲットに対する電子線の照射位置を変更し、種々の特性X線を発生させるようにしたものである。

【0017】上記第四の目的を達成するために、X線撮像装置に係る第四の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層とX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを有するX線発生用ターゲットを備え、前記ターゲットを微細な電子線により照射しX線発生層側からX線を取り出すと共に電子線吸収層側から冷却するX線源と、試料を透過したX線像を表示するX線イメージインテンシファイアと冷却形CCDカメラとからなる検出系とから構成したものである。

【0018】

【作用】上記各技術的手段の働きはつぎのとおりである。第一の発明の構成によれば、X線発生用ターゲットに照射される電子線を細く絞り、照射される電子線の吸収がないようにX線発生層の厚さを十分に薄くすると共に透過した電子を吸収する電子線吸収層を設け2層としたので、照射された電子線が前記ターゲットの内部まで侵入する散乱領域（例えば、加速電圧100kVの電子線の散乱領域は、5 $\mu$ m以上）が制限され、かつ、透過した電子が完全に吸収され焦点サイズを微小化することができる。また、上記X線発生層に微小体のX線発生体を使用しても、同様の働きが得られる。

【0019】第二の発明の構成によれば、照射される電子線の持つエネルギーの大部分はX線発生用ターゲットにおいて熱となるが、この熱を冷却手段により電子線吸収層側から冷却し熱を奪い、前記ターゲットを冷却する。これにより前記ターゲットは、その耐熱性が増し、大電流の集束電子線を照射でき発生するX線量が増し、高輝度のX線を出力することができる。前記ターゲットが回転することにより電子線の照射位置が刻々と変わるため、大電流の集束電子線を照射でき発生するX線量が増し、高輝度なX線が出力される。

【0020】また、電子線を偏向する手段によりX線発生層の走査電子像を検出し、電子線の焦点を確実にX線発生層に合わせることができる。特に、X線発生層にメッシュを置くと、走査電子像が明確となりビントが合わせ

やすい。さらに、電子線を偏向する手段により、集束電子線の照射位置をずらし、前記ターゲットの寿命が伸びることができる。さらに、電子線を円環のX線発生体上に偏向走査することにより、微小焦点サイズの回転X線発生点を得ることができる。

【0021】第三の発明の構成によれば、照射される電子線が偏向され、X線発生用ターゲットのX線発生体あるいはX線発生層の複数の材質位置を照射するので、前記ターゲットの材質を瞬時に切り換え発生する特性X線の波長が変わる。

【0022】第四の発明の構成によれば、電子線のビーム径を十分に細く集束し、薄いX線発生層と電子線吸収層との2層構造のX線発生用ターゲットに照射し、前記ターゲットは、冷却手段により冷却され、高輝度、かつ、微小な焦点サイズのX線が得られるため、半影ぼけのない鮮明な試料の透視像が得られ、この試料透視X線像を表示すれば鮮明な像がえられる。

【0023】

【実施例】以下本発明の各実施例を図1ないし図19を参照して説明する。

【実施例 1】図1は、本発明の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。第一の発明に係る本実施例は反射形ターゲットについて説明する。

【0024】図1において、1は集束電子線、4はX線、5はX線発生層、6は電子線吸収層、7は支持体であり、これらによりターゲットTを構成している。X線発生層5は、X線発生効率の高い重金属が好適であり、かつ、電子線6の熱発生作用を考慮し、融点の高いタングステンやモリブデンにより構成されている。また、その膜厚は所望するX線焦点サイズによるが、1 $\mu$ mの焦点サイズを得ようとすれば1 $\mu$ m前後が良い。このとき、電子線1のビーム径は1 $\mu$ m以下に集束されている必要がある。

【0025】電子線吸収層6はX線発生層5を透過した電子を吸収する層である。X線発生層5が薄いため、照射した電子がX線発生層5で透過し吸収されないからである。電子線吸収層6は、X線発生効率の低い軽元素が適しており、例えば、原子番号が小さいベリリウムやカーボンが好適である。電子線吸収層6の膜厚は、電子を吸収するだけの厚さが必要であり、照射する電子の加速電圧にも関係する。加速電圧100kVのときは0.1mm程度必要であり、加速電圧200kVのときは0.3mm以上必要である。

【0026】支持体7はX線発生層5と電子線吸収層6を支持するものであり、電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱を発散させる働きを有する。このため、熱伝導率の高い金属が好適であり、例えば、銅が用いられる。ターゲットは真空中にあるので無酸素銅あるいは鱗青銅が好適である。このターゲットは支持体7を介して冷却される。

【0027】直流高電圧によって加速された集束電子線1がX線発生層5に衝突し、X線4が発生する。X線発生層5で発生したX線4はX線発生層5側の側方から取り出され、ターゲットは反射形として使用される。

【0028】本実施例に示したターゲットの製作方法の一例を説明する。まず、支持体7と電子線吸収層6とは、無酸素銅板とベリリウム箔とを真空炉にて800～900℃に加熱し拡散接合して形成される。そのうち、X線発生層5はタングステン膜をスパッタリングあるいはCVDにて蒸着することにより形成され、ターゲットTが完成される。

【0029】〔実施例2〕第一の発明に係る他の実施例について説明する。図2は、本発明の他の実施例に係る反射形ターゲットの断面図を示す。図2において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので、詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。8はX線発生体である。

【0030】図2に示す如く、第一の発明に係る本実施例の反射形ターゲットは、〔実施例1〕と原理的に同一であり、〔実施例1〕のX線発生層5が薄膜であるが、本実施例のX線発生体8は微小な塊である。このため、〔実施例1〕においては、X線発生層5に対する集束電子線1のビーム径は細く集束する必要があるが、本実施例のX線発生体8に対する集束電子線1のビーム径は、必ずしも細く集束しなくても、微小なX線焦点サイズが得られる。

【0031】本実施例の反射形ターゲットはX線発生体8と電子線吸収層6と支持体7とから構成されている。集束電子線1をX線発生体8に照射すると、X線発生体8からX線4が発生する。X線発生体8はX線発生効率の高い重金属が好適であり、例えば、融点の高いタングステンやモリブデンが好適である。また、その大きさは所望するX線焦点サイズによるが、その大きさを1μmとすれば焦点サイズ1μmが得られる。電子線吸収層6と支持体7については〔実施例1〕と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0032】〔実施例3〕第一の発明に係る他の実施例について説明する。図3は、本発明のさらに他の実施例に係る反射形ターゲットの断面図を示す。図3において、図中、図2と同一符号は同一部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。9は保護層である。図3に示すごとく、第一の発明に係る本実施例の反射形ターゲットは〔実施例2〕と原理的に同一であるが、保護層9を加えたものである。

【0033】本実施例の反射形ターゲットは電子線吸収層6と支持体7とX線発生体8と保護層9とから構成される。保護層9はX線発生体8を機械的に保護するものであり、その転倒などを防ぐ作用がある。集束電子線1による反射電子や二次電子を少なくし、これらの電子によるX線の発生を防ぐ必要のためX線発生効率の低い

軽元素が好適である。

【0034】上記の〔実施例2〕と〔実施例3〕との反射形ターゲットの製造方法の一例を説明する。まず、支持体7と電子線吸収層6は、無酸素銅板とベリリウム箔とを真空炉にて800～900℃に加熱し拡散接合して形成される。そのうち、この上にタングステン膜をスパッタリングあるいはCVDにて蒸着する。タングステン膜の上にレジストを塗布し、電子ビームによる露光を施し、レジストを現像したのち不要なタングステン膜をエッチングして、X線発生体8となる部分を形成する。そして、レジストを除去すると〔実施例2〕の反射形ターゲットが完成する。さらに、ポリイミドを塗布して保護層9を形成すると、〔実施例3〕の反射形ターゲットが完成する。

【0035】〔実施例4〕第一の発明のさらに他の一実施例を説明する。図4は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットの説明図である。図中、図1と同一符号は同等部分であるのでその説明は省略する。20は吸熱部、21は回転軸である。本実施例は、〔実施例1〕、〔実施例2〕、〔実施例3〕のターゲットと相違する点はターゲットを回転させることである。これにより、電子ビームの照射位置が刻々と変ることにより、ターゲットの照射される部分の温度上昇が抑えられることが特徴である。

【0036】本実施例のターゲットTはX線発生層5と電子線吸収層6とを拡散接合し、さらに、電子線吸収層6と吸熱部20とを接合して構成される。前記ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。X線発生層5は〔実施例1〕と同様に、集束電子線1の照射によりX線4を発生する層であり、X線発生効率が高く、かつ、融点の高い重金属、例えば、タングステンやモリブデン等が好適である。

【0037】また、その膜厚は所望するX線焦点サイズによるが、1μmの焦点サイズを得るには1μm前後が良い。このとき、集束電子線1のビーム径は1μm以下に集束されている必要がある。X線発生層5が薄いため、照射された集束電子線1の電子がX線発生層5では吸収しきれない。

【0038】電子線吸収層6はX線発生層5を透過した集束電子線1の電子を吸収する層である。電子線吸収層6はX線発生効率の低い軽元素が好適である。例えば、原子番号が小さいベリリウムやカーボン等が好適である。電子線吸収層6の膜厚は電子を吸収するだけの厚さが必要であり、照射する電子の加速電圧に関係する。加速電圧100kVのときは0.1mm程度必要であり、加速電圧200kVのときは0.3mm以上必要である。

【0039】吸熱部20は、集束電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱を奪い、蓄熱し、かつ、放熱する働きがある。したがって、熱容量の大なる程よく、

そのためある程度の体積が必要である。その材質は備えるべき機能から熱伝導率がよく、かつ、比熱の大きい、例えば、カーボン等が良い。集束電子線1の照射によりX線発生層5にX線と熱とが発生するが、集束電子線1の照射位置が刻々と変わるように、ターゲットTを回転軸21のまわりに回転させる。

【0040】これにより集束電子線1によるX線発生層5の照射部が局部的に高温にならないようにする。発生した熱は吸熱部20に蓄えられ、吸熱部20から徐々に周囲に伝わり放散される。本実施例においては、X線発生層として〔実施例1〕に示すX線発生層5を構成要素として用いたが、〔実施例2〕、〔実施例3〕の説明したX線発生体8を使用しても差し支えない。

【0041】〔実施例5〕次に、第二の発明の一実施例を説明する。図5は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図5は、X線源に〔実施例1〕のターゲットを組み込み使用しているものであり、X線源の一部を示している。図5において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので、詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。13は真空容器、14はX線取り出し窓、15は冷却用パイプ、16は冷却用冷媒である。

【0042】ターゲットTは無酸素銅の支持体7とベリリウム箔の電子線吸収層6とタングステン膜のX線発生層5とから構成されている。ターゲットTは真空容器13の中に収納されており、集束電子線1が照射されるとX線4が発生する。発生したX線4はX線取り出し窓14から外部に取り出される。

【0043】X線取り出し窓14はX線の透過率の高い物質が良く、例えば、ベリリウムが適切である。また、無酸素銅の支持体7には冷却用パイプ15が接合されており、冷却用パイプ15の中は冷媒16が流されている。図5の実施例においては、支持体7と冷却用パイプ15とは接合されており別体となっているが、無酸素銅支持体7に流通穴を穿設し冷媒16を前記流通穴に直接流通させても差し支えない。

【0044】本実施例の動作を説明する。X線発生層5は、集束電子線1により照射され、X線4を放射すると共に大量の熱量を発生する。発生した熱は熱伝導により電子線吸収層6へ伝わり、続いて支持体7へ伝導する。支持体7へ熱伝導された熱は冷却用パイプ15中の冷媒16により外部へ持ち去られる。無酸素銅支持体7に流通穴を穿設し、冷媒16を直接流通させる形についても同様の成果を得る。

【0045】このようにして、ターゲットTの熱は、冷媒16により外部へ運ばれ冷却される。冷媒16は通常のものでよく、例えば、水で良い。このように、ターゲットTが冷却されるため大電流の集束電子線を照射でき、強力なX線を得ることができる。

【0046】〔実施例6〕次に、第二の発明の他の一

実施例を説明する。図6は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。また、X線源には〔実施例1〕の反射形ターゲットが使用されている。図6において、図中、図5と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。17は冷却用ファンである。

【0047】図6を参照して本実施例を説明する。ターゲットTはタングステン膜のX線発生層5とベリリウム箔の電子線吸収層6とから構成されている。ベリリウム箔の電子線吸収層6が真空容器13に接合されている。この場合支持体7が省略されている場合を説明する。集束電子線1のX線発生層5への照射により発生したX線4は、X線取り出し窓14より外部へ取り出される。同時に発生した熱量は電子線吸収層6を介して真空容器13に伝えられる。

【0048】伝熱した真空容器13はファン17により冷却される。したがって、X線発生層5と真空容器13との熱差が大となり、発生した熱量は速く真空容器13に伝わる。その結果、ターゲットTは冷却されるため大電流の集束電子線を照射することができ、強力なX線を得ることができる。

【0049】〔実施例7〕次に、第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図7は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線源には〔実施例1〕の反射形ターゲットを使用している。図中、図5、6と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。18は電子冷却素子である。

【0050】ターゲットTは、タングステン膜のX線発生層5とベリリウム箔の電子線吸収層6と無酸素銅の支持体7とから構成されている。ターゲットTは電子冷却素子18を介して真空容器13と接合されており、真空容器13はファン17で冷却されるようになっている。

【0051】本実施例の冷却動作を説明する。電子線1の照射により発生したX線4はX線取り出し窓14より外部へ取り出される。同時に、ターゲットTで発生した熱は電子冷却素子18のヒートシンクの働きにより真空容器13に運ばれる。真空容器13は、ファン17で冷却されるのでターゲットTと真空容器13との熱差が大となり、発生した熱量は速く真空容器13に伝わる。その結果、ターゲットTは冷却されるため大電流の集束電子線を照射することができ、強力なX線を得ることができる。

【0052】本実施例は、冷却水などの冷媒を使用しないため漏水事故の怖れがなく、電子冷却素子を使用するため冷却性能が優れている。上記、〔実施例5〕から〔実施例7〕までに使用したターゲットは、〔実施例1〕のターゲットであったが、〔実施例2〕から〔実施例3〕に示したX線発生体で構成されるターゲットを使用しても、全く同様に成果を得ることができる。

る。

【0053】〔実施例 8〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図8は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットの説明図である。図8は、図4に示す〔実施例 4〕のような回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図8において、図中、図1、5と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。21は回転軸、24はローター、25はステーター、26はベアリングである。

【0054】ターゲットTは、円錐形のカーボンの支持体7の表面に1μm程度の厚さのタングステン膜のX線発生層5をスパッタリングあるいはCVDで蒸着したものである。カーボン製の支持体7は、集束電子線1のX線発生層5を透過した電子の吸収層と集束電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱の吸熱部との両作用を兼ね備えている。

【0055】ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。前記回転軸21はベアリング26で保持されており、ローター24とステーター25により高速回転するようになっている。真空容器13は、前記のターゲットT、回転軸21、ローター24、ベアリング26等を内包すると共に、その外面にはX線取り出し窓14が設けられている。このX線取り出し窓14にはX線を良く通す軽元素、例えば、ベリリウム板が好適である。

【0056】集束電子線1は、円錐形の斜面に照射されターゲットTの回転により照射面の位置が刻々と変わる。このため、局部的にターゲットTの照射面が高温となることがなく大電流の集束電子線を照射できる。集束電子線1によるターゲットTの照射面に発生したX線4は、X線取り出し窓14から取り出される。

【0057】〔実施例 9〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図9は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図9は、図7に示す〔実施例 7〕の回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図中、図8と同一符号は同等部分であるので説明を省略する。本実施例は、〔実施例 8〕と原理的には全く同一である。図9に示すように、ターゲットTは、円筒形のカーボンの支持体7の端面にタングステン膜を付け、X線発生層5を形成したものである。さらに、ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。

【0058】このターゲットTの回転軸21は、ベアリング26で保持されておりローター24とステーター25により高速回転する。真空容器13にはX線取り出し窓14があり、ここから集束電子線1の照射によって発生したX線4が取り出される。ターゲットTの回転軸21は集束電子線1の光軸に対して斜めに傾けてあり、X線4を取り出しやすくしものである。

【0059】〔実施例 10〕第二の発明のさらに他の

一実施例を説明する。図10は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットのX線源の説明図、図11は、図10のターゲットのX線源の断面図である。図10、11は、図7に示す〔実施例 7〕の回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図中、図8と同一符号は同等部分であるので説明を省略する。

【0060】図10に示す如く、ターゲットTは、円筒形状のカーボンの支持体7の円筒面にタングステン膜を付着させ、X線発生層5を形成したものである。ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。前記ターゲットTの回転軸21は、ベアリング26で保持されており、ローター24とステーター25により高速回転する。

【0061】本実施例では、集束電子線1の光軸と前記回転軸21とは直交する方向にあり、したがって、集束電子線1はターゲットTの円筒面にあるX線発生層5を照射することになる。図11に示す如く、真空容器13にはX線取り出し窓14が設けられており、集束電子線1の照射によって発生したX線4が取り出される。

【0062】集束電子線1の照射によりタングステン膜のX線発生層5が劣化した場合、円筒形のターゲットTを軸方向(図10においては、上下の方向)に移動させ、新しいX線発生層5の面に集束電子線1が照射するようにする。これによりターゲットTの交換回数を減らすことができる。

【0063】〔実施例 11〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図12は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。微小焦点X線源では、微細な集束電子ビームを使用するため、電子ビームの焦点を確実にターゲットTのX線発生層5に合わせる必要がある。電子ビームの焦点は試料の透過X線像を見ながら合わせるができるが、X線像を実時間で観察できないときは大変手間の必要な作業となる。そこで、他の電子ビームの焦点検出方法が必要となる。本実施例においては、走査電子像を使用して焦点を検出し、微細な集束電子ビームをターゲットTのX線発生層5に合わせることができるX線源を説明する。

【0064】図12において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみ説明する。30は金属メッシュ、31はフィラメント、32は電子レンズ、33は偏向コイル、34は電子線検出器である。フィラメント31で発生した集束電子線1は電子レンズ32で集束されてターゲットTに照射される。ターゲットTはX線発生層5と電子線吸収層6と支持体7とから構成されている。

【0065】ターゲットTに集束電子線1が照射されると、X線の発生と同時に反射電子や2次電子も発生する。集束電子線1を偏向コイル33で走査し、反射電子あるいは2次電子を電子線検出器34で検出することにより、走査電子像が得られる。この走査電子像を見なが

ら電子レンズ32の励磁電流を変えて焦点を合わせることができる。

【0066】しかし、X線発生層5は平滑な様な面であるため、集束電子線1の焦点を合わせることは難しい。そこで、X線発生層5の面上に金属メッシュ30を載置する。金属メッシュは一樣でなく質量に差があるので、そのメッシュ像が見えるので容易にピントを把握できる。

【0067】また、金属メッシュ30を置く替わりに、X線発生層5にピント合せ用のマークを刻設しておいてもよい。走査電子像で集束電子線1の焦点を合わせた後は、集束電子線1の走査を止め、一点に集束電子線1を照射してX線を発生させると微小焦点X線源を得る。

【0068】〔実施例 12〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図13は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線の応用分野の一つであるX線CTやラミノグラフィにおいては、X線発生点が回転するX線発生源が必要となる場合がある。本実施例は、集束電子線の回転偏向によって微小焦点のX線発生点を回転させる反射形ターゲットの実施例を説明する。

【0069】図13において、図1、10、12と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみ説明する。40は真空ポンプである。ターゲットTの構造は、円環の支持体7に電子線吸収層6が接合され、その上面にX線発生体8が設けられている構造である。

【0070】X線発生体8の形状は円環形をなし、その断面の大きさは所望するX線焦点サイズと等しい大きさとする。その材質はX線発生効率が高く、かつ、発生熱量に対する配慮から融点の高い金属が適切であり、例えば、タングステン等が好適である。

【0071】電子線吸収層6はX線の発生が少ない軽元素であり、例えば、ベリリウムが用いられる。その厚さは電子を吸収するのに十分な厚さが必要であり、例えば、電子の加速電圧が200kVのときは0.3mm必要である。支持体7は電子の照射により発生した熱を効率良く逃がすために、熱伝導の良い金属、例えば、銅系の金属が良い。さらに、冷却水、電子冷却素子を使用して積極的に冷却することも考えられる。

【0072】次に、本実施例の動作を説明する。フィラメント31で発生した集束電子線1は、電子レンズ32で集束され偏向コイル33でX線発生体8に照射され、X線4を発生させる。偏向コイル33により集束電子線1が、円環のX線発生体8を照射しながら、その照射点をX線発生体8に沿って移動する。したがって、X線を発生する点は回転移動する。

【0073】X線発生体8の断面が小さいので、集束電子線1のビーム径の如何にかかわらず微小焦点が得られる。また、前記機器部材は真空容器13内に設けられて

おり、その内部は真空ポンプ40で真空状態に保持されている。発生したX線4はX線取り出し窓14から外部に取り出される。

【0074】〔実施例 13〕第二の発明のさらに他の一実施例を説明する。図14は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図14(a)は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の断面図、図14(b)は、図14(a)のX線源に用いられているターゲットの説明図である。本実施例は、集束電子線1の回転偏向によって、微小焦点のX線発生点を回転させる透過形ターゲットを用いたX線源の実施例を説明する。図中、図13と同一符号は同等部分であるのでその説明は省略する。新たな符号のみ説明する。42は気封形X線透過窓である。

【0075】ターゲットTは、真空を封じ切るX線透過窓42に円環形状のX線発生体8を取り付けたものである。X線透過窓42は電子の照射によるX線の発生が少なく、かつ、X線の吸収が少ない軽元素が好適である。例えば、ベリリウムの薄板等が好適である。

【0076】X線発生体の断面の大きさは所望するX線焦点サイズと等しい大きさとし、その材質はX線発生効率が高く、かつ、融点の高い金属が適切である。例えば、タングステン等が好適である。本実施例においては、X線発生体8を2周配設した例を示しており、回転半径の異なるX線発生点を選択できる。

【0077】次に、本実施例の動作を説明する。フィラメント31で発生した集束電子線1は、電子レンズ32で集束され偏向コイル33でX線発生体8に照射され、X線4を発生させる。偏向コイル33により集束電子線1が、円環のX線発生体8に沿って回転させられ、X線4の発生点を回転させる。

【0078】X線発生体8の断面が小さいので、集束電子線1のビーム径にかかわらず微小焦点が得られる。また、前記機器部材は真空容器13内に設けられ、真空ポンプ40により真空状態に保持されている。

【0079】従来の同種のX線源は、集束電子線の回転偏向のため収差が大きく集束電子線を細くすることが困難であったため、微小な焦点サイズを得ることができなかった。しかし、本実施例では、X線発生ターゲットの構造を工夫することにより微小な焦点サイズが得ることができる。

【0080】〔実施例 14〕第三の発明の一実施例を説明する。図15は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線には、連続X線と特性X線がある。一搬には、連続X線は、集束電子線がX線発生用ターゲットに衝突し前記ターゲット物質中の原子核の電場によってクーロン力をうけ、電子の進路が曲げられ減速されるとき放射される。したがって、連続X線の波長は電子の加速電圧に関係する。特性X線は、原子核とそれを取りまく各殻の電子に、高速の電子が衝突すると



核に近い内殻の電子が叩きだされ、そのあとに外殻の電子が遷移するとき放射される。したがって、特性X線の波長は前記ターゲットの材質に関係する。

【0081】このため、特性X線を利用する場合は前記ターゲットを交換することが多い。このターゲットの交換が容易にできると便利である。図15を参照して、X線を発生させる薄膜の材質を場所によって変えるようにし、集束電子線を偏向させ照射されるX線発生層の場所を変えることによりX線発生層の材質を瞬時に切換えられるX線源を説明する。

【0082】図15において、Tはターゲット、1は集束電子線、4Aは特性X線、6は電子線吸収層、7は支持体、15は冷却用パイプ、16は冷却用冷媒、33は偏向コイル、35は第1の金属膜、36は第2の金属膜である。ターゲットTは、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6を接合し、さらに、その上に第1の金属膜35および第2の金属膜36を接合したものである。

【0083】第1の金属膜35および第2の金属膜36はX線発生層であり、それぞれ、必要とする波長の特性X線を持つ材料が選択されている。その膜厚は所望のX線焦点サイズによるが1μm前後であり、スパッタリングやCVDにより形成することができる。ターゲットTの冷却は冷却パイプ15に冷媒16を流すことによって行なわれる。

【0084】本実施例の動作を説明する。集束電子線1をターゲットTの照射し、X線発生層より特性X線4Aを発生させる。この照射に際し、偏向コイル33で集束電子線1を偏向し、照射する位置を第1の金属膜35あるいは第2の金属膜36にすることにより、ターゲットのX線発生層の材質を変えることができる。集束電子線1は瞬時に偏向可能であるので、異なる波長の特性X線に瞬時に切り換えられる。

【0085】本実施例においては金属膜の個数は2個であるが、多数の種類ターゲットを必要とするならばその個数だけ異なった金属膜を設ければ良い。また、ターゲットの冷却方法も冷媒16を流すのではなく、【実施例6】、【実施例7】に示すファンによる冷却方法を用いても差し支えない。

【0086】【実施例15】第三の発明の他の一実施例を説明する。図16は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。本実施例は、【実施例14】とはほぼ同一構成である。図中、図15と同一符号は同等部分であるのでその説明を省略する。18は電子冷却素子である。

【0087】本実施例は、【実施例14】の第1の金属膜35および第2の金属膜36のX線発生層の代わりに、多数のX線発生体8を設けたものである。本実施例は、【実施例14】と同様に、特性X線を発生するX線発生層の材質を場所によって変えておき、集束電子線

を偏向させ照射する場所を変えることにより、特性X線を発生するX線発生層の材質を瞬時に切換えるようになっている。

【0088】ターゲットTは、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6を接合し、その上に多数のX線発生体8を接合したものである。すなわち、【実施例2】の図2に示したターゲット構造においてX線発生体8を複数にしたものである。X線発生体8には、必要とする波長の特性X線を放射する材料を選択することができる。

【0089】X線発生体8が微小な塊になると、集束電子線1のビーム径を必ずしも細く集束しなくても微小なX線焦点サイズが得られる。1μmの焦点サイズを得るためには個々のX線発生体8の大きさを1μmにすることが好ましい。また、集束電子線1のビーム径が十分に細くすると、X線発生体8の厚さを薄くすればX線発生体8の面積は大きくても差し支えない。

【0090】集束電子線1は、偏向コイル33により所望する波長の特性X線を出す材質のX線発生体8に照射され、所望する波長の特性X線4Aが得られる。集束電子線1により照射されるX線発生体8が変えられることにより、異なる波長の特性X線4Aを瞬時に発生させることができる。また、本実施例では、ターゲットTの冷却は、電子冷却素子18で冷却されるようになっているが他の方法でも差し支えない。

【0091】【実施例16】第三の発明のさらに他の一実施例を説明する。図17、18は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲット説明図である。図中、図15、16と同一符号は同等部分であるのでその説明を省略する。新たな符号のみ説明する。38は薄膜、39は保護層である。

【0092】本実施例は、特性X線を発生する薄膜の材質を場所によって変えておき、集束電子線を偏向させ、照射する位置を変えることでターゲットの材質を瞬時に切換えるものである。上記の各実施例では反射形ターゲットについて説明したが、本実施例は透過形ターゲットである。

【0093】図17において、ターゲットTは薄膜38にX線発生体8が載置されている構造である。薄膜38は電子の照射によるX線の発生が少なくX線の吸収が少ない軽元素が望ましく、例えば、ベリリウム箔が最適である。X線発生体8は必要とする波長の特性X線を放射する材料を選択すれば良い。X線発生体8は微小な塊であるので、集束電子線1のビーム径を必ずしも細く集束しなくても微小なX線焦点サイズが得られる。また、集束電子線1のビーム径を十分に細くしX線発生体8の厚さを薄くすれば、X線発生体8の面積は大きくても差し支えない。

【0094】集束電子線1は偏向コイル33により所望する波長の特性X線を放射する材質のX線発生体8を照

10

20

30

40

50

射され、所望する波長の特性X線4Aを得る。集束電子線1が照射されるX線発生体8を変えることで、発生する特性X線の波長を瞬時に変えることができる。

【0095】図18は、X線発生体8の転倒などを防止するため保護層39の間にX線発生体8を埋め込む構造としたものを示す。保護層としてはX線の発生が少ない軽元素が良い。X線発生体8は保護層39により機械的に保護される。

【0096】〔実施例 17〕第四の発明の一実施例を説明する。本発明のさらに他の実施例を説明する。図19は本発明のさらに他の実施例に係る高解像度X線撮像装置の説明図である。本実施例は各実施例において説明したターゲットを使用した高解像度X線撮像装置に係るものである。

【0097】図19において、図5、12と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみを説明する。40は真空ポンプ、43は加速管、44はコンデンサレンズ、45は対物レンズ、46は同期回路、47a、47bはディスプレイ、48は試料、49はステージ、50はX線イメージインテンシファイア、51はコリメータレンズ、52はミラー、53はイメージングレンズ、54はCCDカメラ、55はコントローラである。

【0098】X線撮像装置は微小焦点X線源と制御部と検出系とから大別される。微小焦点X線源は、真空ポンプ40で真空中に保持されている真空容器13の中に、フィラメント31、加速管43、コンデンサレンズ44、偏向コイル33、対物レンズ45、ターゲットTが配設され構成している。ターゲットTは図4の〔実施例 4〕で示したターゲットTと同一の構成である。

【0099】すなわち、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6が接合され、さらにタングステン膜のX線発生層5が蒸着されたものである。裏面には冷却用パイプ15が設けられ、そこを流れる冷媒16により冷却されている。この実施例においては、図4の〔実施例 4〕で示したターゲットを用いたが、前述した他の実施例のターゲットを使用しても差し支えない。

【0100】制御部は、電子線の偏向信号と検出信号とを同期させる同期回路46と電子線の走査像を表示するディスプレイ47aからなる。検出系は、X線を可視像に変換するX線イメージインテンシファイア50と、このX線イメージインテンシファイア50の出力をCCDカメラ54に結像させるレンズ組51、52と、前記CCDカメラ54の出力を表示するディスプレイ47bからなる。

【0101】次に、本実施例の機能を説明する。集束電子線1は、フィラメント31から発生し、加速管43により加速され、コンデンサレンズ44と対物レンズ45の2枚のレンズの働きにて集束される。フィラメント31は、大電流の集束電子線を得るため高輝度な六ほう化

ランタンフィラメントが好適である。レンズを2枚としたのは、集束電子線1を細く絞るためであり、所望のビーム径を得られるのであれば1枚あるいは3枚もしくはそれ以上でも必要に応じて配設して差し支えない。

【0102】解像度1 $\mu$ mのX線透視像を得るためには電子ビーム径を1 $\mu$ m以下とする必要がある。また、X線発生層5の膜厚も1 $\mu$ m以下にする必要がある。集束電子線1は、偏向コイル33によりX線発生層5の面上を走査しながら照射する。この照射によりX線発生層5から発生した反射電子や2次電子は、電子線検出器34により検出される。

【0103】同期回路46は、偏向コイル33を駆動する偏向信号と電子線検出器34の検出信号を同期させ、走査電子像を得てディスプレイ47aに表示する。このディスプレイ47aに表示された走査電子像を見ながら、集束電子線1の焦点をX線発生層5上に合わせる。

【0104】この場合、図7の〔実施例 7〕で示した如く、X線発生層5の上にメッシュを載置すると上記焦点が合わせやすい。上記焦点を合わせたのち、集束電子線1は偏向コイル33による偏向を中止し、X線発生層5の1点を照射しX線4を発生させる。X線4はX線取り出し窓14より外部に取り出される。

【0105】このようにして得られたX線源は、その線源径が小さく、かつ、焦点が微細となっているため、試料の透過像に半影ぼけが発生せず、解像度の高いX線透視像が得られる。集束電子線1の照射によりターゲットTが損傷を受けた場合、偏向コイル33により集束電子線1の照射する位置を少しずつらせる。これによりターゲットTの寿命が伸び、その交換回数を減らすことができる。

【0106】試料48は、ステージ49に載せられX線発生層5とX線イメージインテンシファイア50との間の所定の位置に置かれ、微小焦点X線源からのX線の照射を受ける。試料48を透過したX線は、X線イメージインテンシファイア50で可視像に変換される。X線イメージインテンシファイア50の出力像は、コリメータレンズ51とイメージングレンズ53によりCCDカメラ54に結像される。結像された試料像はディスプレイ47b上に表示される。

【0107】コリメータレンズ51とイメージングレンズ53の間には、ミラー52が配設され、光路を曲げることで検出系を小型化することができる。CCDカメラ54は、長時間露光が可能な冷却形CCDカメラを使用することが感度やダイナミックレンジの点で最適である。CCDカメラ54は、コントローラ55で制御され、検出像をディスプレイ47に表示する。X線撮像部はX線イメージインテンシファイア50とCCDカメラの組み合わせ以外の検出系でも差し支えないが、この組み合わせ系は感度が高く、かつ、使いやすい。

【0108】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、第一に、冷却性が良いという長所を持ち、かつ、X線の発生領域を小さいX線発生用ターゲットを提供することができる。第二に、上記ターゲットを使用した高出力のX線が得られるX線源を提供することができる。第三は、特性X線を出力するX線源においては、上記ターゲットの材質を変更し、容易、かつ、迅速に波長の変更できるX線源を提供することができる。第四は、上記X線源を使用した高解像度のX線撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図2】本発明の他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図3】本発明のさらに他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図4】本発明のさらに他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図5】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図6】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図7】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図8】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図9】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図10】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図11】図10のX線源の断面図である。

【図12】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図13】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図14】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図15】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図16】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図17】本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲットの説明図である。

【図18】本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲットの説明図である。

【図19】本発明のさらに他の実施例に係る高解像度X線撮像装置の説明図である。

【図20】従来の透過型薄膜ターゲットの断面図である。

【符号の説明】

T ターゲット

1 集束電子線

10 4 X線

5 X線発生層

6 電子線吸収層

7 支持体

8 X線発生体

13 真空容器

14 X線取り出し窓、

15 冷却用パイプ

16 冷媒

17 冷却用ファン

20 18 電子冷却素子

20 吸熱部

21 回転軸

24 ロータ

25 ステータ

26 ベアリング

31 フィラメント

32 電子レンズ

33 偏向コイル

34 電子線検出器

30 40 真空ポンプ

42 気封形X線透過窓

43 加速管

44 コンデンサレンズ

45 対物レンズ

46 同期回路

47 a, 47 b ディスプレイ

48 試料

49 ステージ

50 X線イメージインテンシファイア

40 51 コリメータレンズ

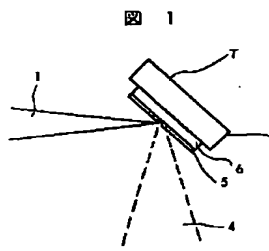
52 ミラー

53 イメージングレンズ

54 CCDカメラ

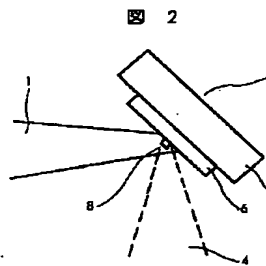
55 コントローラ

【図1】



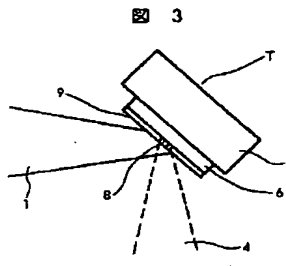
T...ターゲット 1...熱束電子線  
4...X線 5...二次電子線  
6...電子線収収層 7...支持体

【図2】

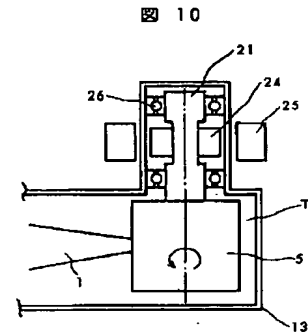


8...X線発生体

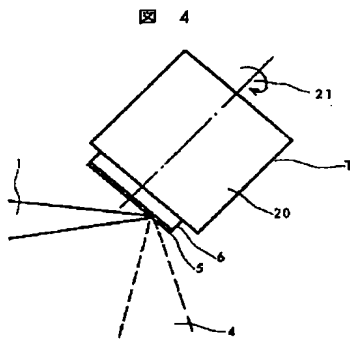
【図3】



【図10】

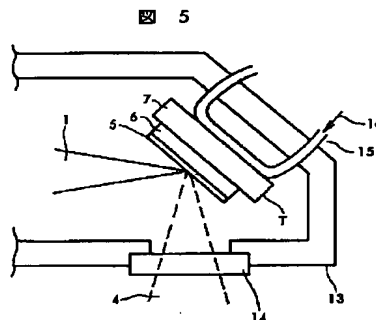


【図4】



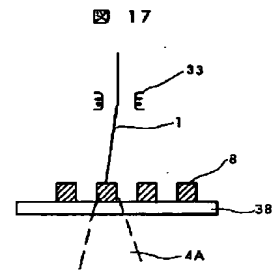
20...吸熱部

【図5】



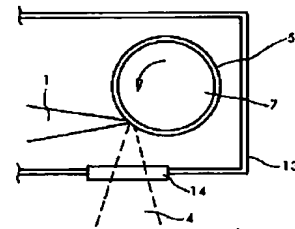
15...冷却用パイプ 16...冷媒

【図17】



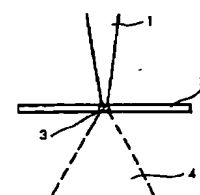
【図11】

図 11

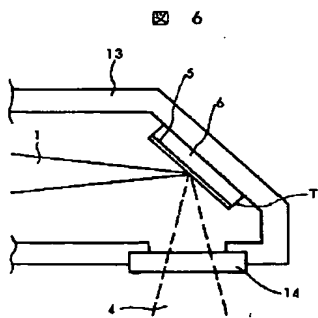


【図20】

図 20

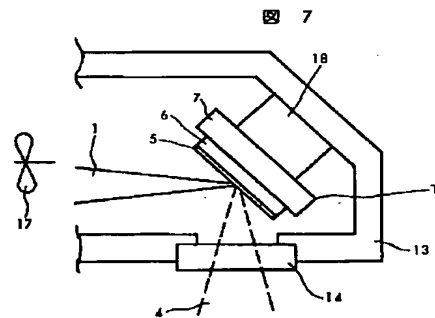


【図6】



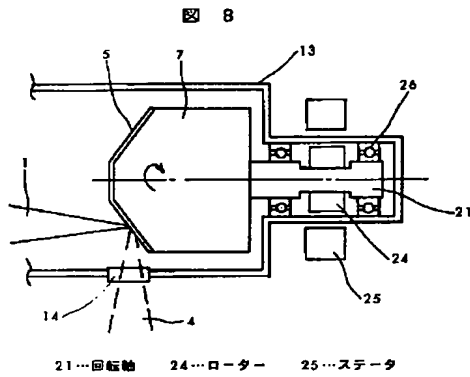
17...冷却用ファン

【図7】

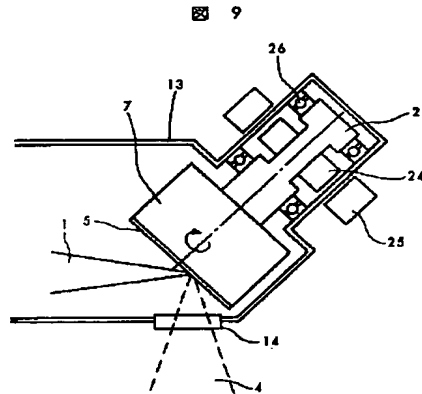


18...電子冷却素子

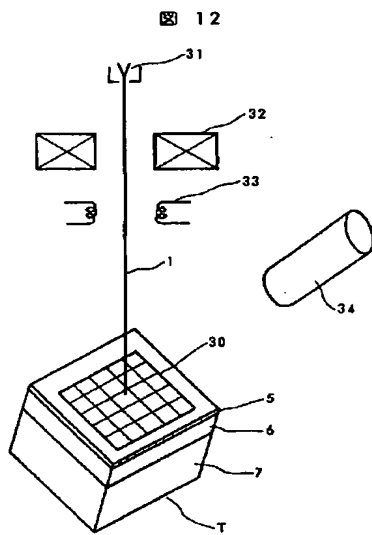
【図8】



【図9】

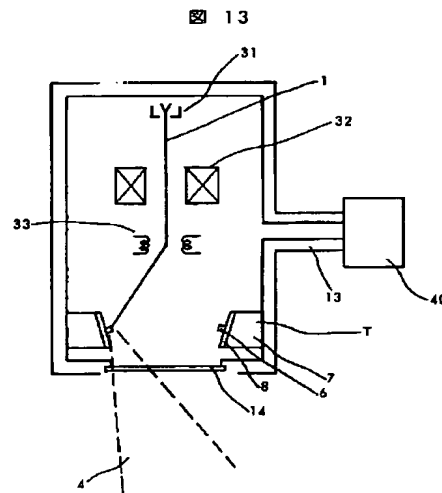


【図12】

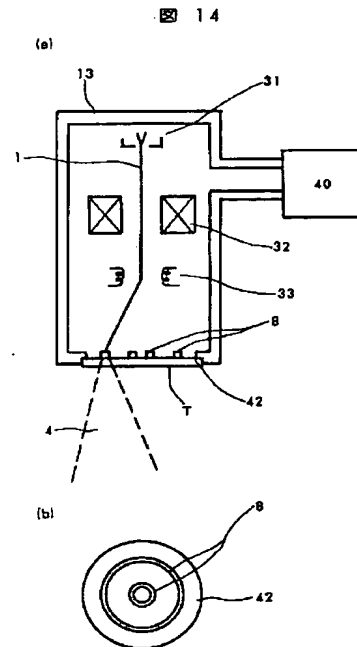


30…金属メッシュ 31…フィラメント  
32…電子レンズ 33…偏肉コイル  
34…電子検出器

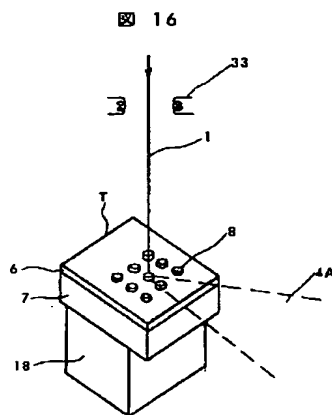
【図13】



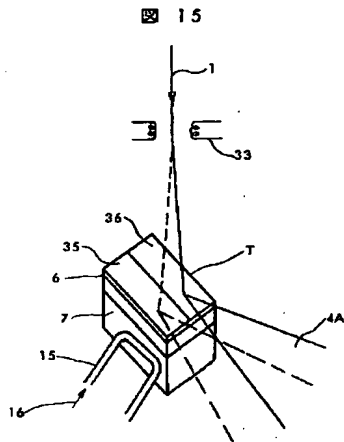
【図14】



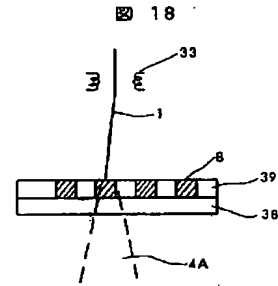
【図16】



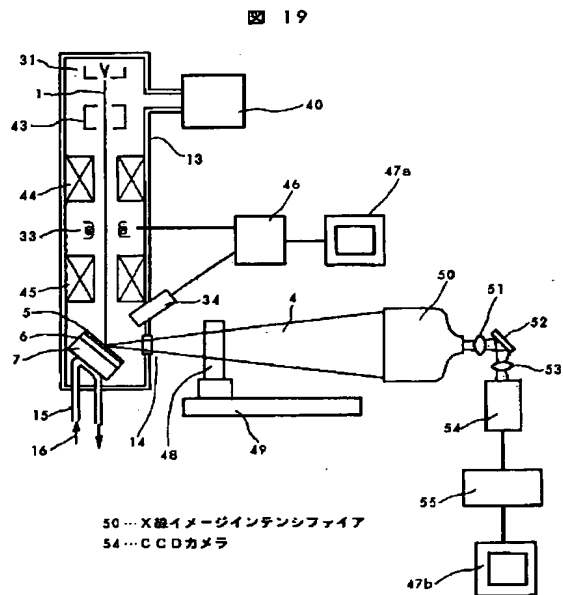
【図15】



【図18】



【図19】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第1区分  
 【発行日】平成13年2月16日(2001.2.16)

【公開番号】特開平6-188092  
 【公開日】平成6年7月8日(1994.7.8)  
 【年通号数】公開特許公報6-1881  
 【出願番号】特願平4-336468  
 【国際特許分類第7版】

H05G 1/00

H01J 35/08

H04N 5/32

H05G 1/64

【F1】

H05G 1/00 E

H01J 35/08 A

H04N 5/32

H05G 1/64 A

【手続補正書】

【提出日】平成11年12月17日(1999.12.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】X線発生用ターゲットおよびX線撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】照射された電子線を吸収しない程度の厚さの薄いX線発生層と、このX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを備えたことを特徴とする反射型のX線発生用ターゲット。

【請求項2】前記X線発生層の厚さが、 $2\mu\text{m}$ よりも薄いことを特徴とする請求項1記載のX線発生用ターゲット。

【請求項3】前記X線発生層が複数の微小領域で形成され、該複数の微小領域がそれぞれ異なる材質からなることを特徴とする請求項1記載のX線発生用ターゲット。

【請求項4】前記微小領域の大きさが、 $1\mu\text{m}$ 前後であることを特徴とする請求項3記載のX線発生用ターゲット。

【請求項5】前記電子線吸収層を支持する金属の支持体を更に備えたことを特徴とする請求項1記載のX線発生用ターゲット。

【請求項6】請求項1乃至請求項5のいずれかに記載されたX線発生用ターゲットと、電子線を前記X線発生用

ターゲットのX線発生層に照射する電子線照射手段と、内部を真空中に排気する排気機構を備えて前記内部に前記X線発生用ターゲットと前記電子線発生手段とを設置した真空容器手段と、前記電子線発生手段から発生した電子線の照射により前記X線発生層から発生したX線を前記真空容器手段の外部に放射するために前記X線発生用ターゲットの前記X線発生層の側に設けた窓手段と、試料を保持する保持手段と、前記窓手段から外部に放射されて前記保持手段に保持された試料を透過したX線の像を検出してビデオ信号に変換する検出手段を備えたことを特徴とするX線撮像装置。

【請求項7】前記検出手段が、前記試料を透過したX線の像を可視像に変換するX線イメージインテンシファイア部と、該X線イメージインテンシファイア部で可視像に変換された前記試料を透過したX線の像を撮像する撮像部と、該撮像部で撮像してえた画像を表示する画像表示部とを備えていることを特徴とする請求項6記載のX線撮像装置。

【請求項8】前記表示部は、前記試料を透過したX線の像を、 $2\mu\text{m}$ よりも小さい分解能で表示することを特徴とする請求項7記載のX線撮像装置。

【請求項9】X線発生層とこのX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを金属支持体上に形成した反射型のX線発生用ターゲットと、電子線を前記X線発生用ターゲットのX線発生層に照射する電子線照射手段と、内部を真空中に排気する排気機構を備えて前記内部に前記X線発生用ターゲットと前記電子線発生手段を設置した真空容器手段と、前記電子線照射手段からの電子線の照射により前記X線発生層から発生したX線を前記真空手段の外部に放射する窓手段と、試料を保持する保持

手段と、前記窓手段から前記真空容器手段の外部に放射されて前記保持手段に保持された試料を透過したX線の像を検出するX線像検出手段と、該X線像検出手段で検出した前記試料を透過したX線の像を表示する表示手段とを備えたことを特徴とするX線撮像装置。

【請求項10】前記X線発生用ターゲットは、前記X線発生層と前記電子線吸収層とを前記金属支持体の側から冷却する冷却手段を更に有していることを特徴とする請求項6または9に記載のX線撮像装置。

【請求項11】前記X線発生用ターゲットを回転させる回転駆動手段を更に備えたことを特徴とする請求項6または9に記載のX線撮像装置。

【請求項12】前記電子線発生手段は、前記電子線を集束させる電子線集束部と、該電子線集束部で集束させた電子線を走査する電子線走査部とを有し、該電子線走査部で前記収束させた電子線を走査して前記X線発生層に照射することを特徴とする請求項6または9に記載のX線撮像装置。

【請求項13】前記X線発生層の厚さが、 $2\mu\text{m}$ よりも薄いことを特徴とする請求項6または9に記載のX線撮像装置。

【請求項14】前記X線発生用ターゲットは、前記電子線の照射により、約 $1\mu\text{m}$ の焦点サイズのX線を発生することを特徴とする請求項6または9に記載のX線撮像装置。

【請求項15】前記表示手段は、前記試料を透過したX線の像を、 $2\mu\text{m}$ よりも小さい分解能で表示することを特徴とする請求項9に記載のX線撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、X線発生用ターゲットとX線源とX線撮像装置に係り、特に、高解像度X線透視に好適なX線発生用ターゲットと微小焦点X線源とX線撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のX線撮像装置においては、高解像度が要求されていた。X線撮像装置における検出解像度を支配する一要因として、X線源の焦点寸法が挙げられる。このため、高解像度が要求されるX線撮像装置においては、微小焦点のマイクロフォーカスX線源が使用されている。マイクロフォーカスX線源に使用されるX線発生用ターゲット（以下、ターゲットという）は、ターゲットから横方向に出たX線を用いる反射形とターゲットを透過したX線を用いる透過形とに大別される。

【0003】反射形ターゲットは、ターゲットの冷却性については優れているが、ターゲット内での電子線の拡がりが大きくなるため、解像度については不利であるという欠点があった。透過形ターゲットは、解像度についてはターゲット内での電子線の拡がりを小さくできるため優れているが、冷却性が悪いという欠点があった。し

かし、一般的には、電子線の拡がり小さいという長所により透過形ターゲットが多く用いられていた。

【0004】まず、図20を参照して従来の技術を説明する。図20は従来の透過形のターゲットの断面図である。図20において、1は集束電子線、2は薄膜ターゲット、3は領域、4はX線である。X線は、カソードから放射された熱電子の集束電子線1を直流の高電圧によって加速し、薄膜ターゲット2に照射すると、領域3でX線4が発生する。この薄膜ターゲット2を透過したX線4が使用される。X線発生領域3の大きさは、集束電子線1の加速電圧とビーム径およびターゲット2の材質と膜厚とによって定まる。

【0005】微小な焦点サイズのX線を得るためには、ターゲット2の膜厚を薄くしなければならないが、逆に温度上昇の面で不利になり、高出力のターゲット、X線源が得られないという致命的な欠点があった。このような透過形ターゲットを使用したX線源については、例えば、特開平3-274500号公報に記載されているが、集束電子線1を透過形ターゲット2に照射して、微小焦点サイズのX線源を得るというものであった。

【0006】また、近時、応用分野の拡大している特性X線については、波長の異なる種々のX線の利用が多く、そのためにはターゲットの材質を波長の変更のたびごとに取り換えなければならないという欠点があった。また、上述の高出力のターゲット、X線源が得られないことは、X線撮像装置が高解像度でないという欠点の原因でもあった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記反射形ターゲットは、冷却性については優れており、高出力のターゲット、X線源が得られるという利点を生かそうとしても、一定の厚みを有するため照射した集束電子線によるX線発生領域が拡大され、焦点サイズの微小化ができないという問題があった。また、前記焦点サイズの微小化ができないという問題が高解像度の透視に必要な微小焦点のマイクロフォーカスX線源が得られない問題でもあった。さらにまた、特性X線の波長の変更におけるターゲットの材質の交換は、撮像装置の真空装置を停止して実施するため、長時間を要し実用的でないという問題があった。さらにまた、上記の諸問題は、高解像度のX線撮像装置がえられないという問題の原因でもあった。

【0008】本発明は、上記従来技術の問題点を解決するためになされたもので、第1の目的は、冷却性が良いという長所を持ち、かつ、X線の発生領域を小さくしたX線発生用ターゲットを提供することにある。

【0009】第2の目的は、上記X線発生用ターゲットを用いた高解像度力のX線撮像装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記第一の目的を達成す



るために、X線発生用ターゲットに係る第一の発明の構成は、照射された電子線を吸収しない厚さの薄いX線発生層と、前記X線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とから構成したものである。上記X線発生層は複数の材質から構成したものである。また、X線発生用ターゲットは、微小な焦点のX線を発生するX線発生体と、前記X線発生体を透過した電子を吸収する電子線吸収層とから構成したものである。

【0011】上記X線発生体は、少なくとも一個の発生体から構成したものである。また、上記X線発生体は、複数の材質から構成したものである。上記電子線吸収層は、金属の支持体により支持されているようにしたものである。上記X線発生用ターゲットは、電子線吸収層を銅系の金属板にベリリウム箔を接合して形成し、X線発生層を前記電子線吸収層にタングステン膜を蒸着して形成し反射形としたものである。

【0012】上記第2の目的を達成するために、本発明では、X線撮像装置を、上記X線発生用ターゲットと、電子線をX線発生用ターゲットのX線発生層に照射する電子線照射手段と、内部を真空中に排気する排気機構を備えて内部にX線発生用ターゲットと電子線発生手段とを設置した真空容器手段と、電子線発生手段から発生した電子線の照射によりX線発生層から発生したX線を真空容器手段の外部に放射するためにX線発生用ターゲットのX線発生層の側に設けた窓手段と、試料を保持する保持手段と、窓手段から外部に放射されて保持手段に保持された試料を透過したX線の像を検出してビデオ信号に変換する検出手段を備えて構成した。

【0013】また、上記第2の目的を達成するために、本発明では、X線撮像装置を、X線発生層とこのX線発生層を透過した電子を吸収する電子線吸収層とを金属支持体上に形成した反射型のX線発生用ターゲットと、電子線をX線発生用ターゲットのX線発生層に照射する電子線照射手段と、内部を真空中に排気する排気機構を備えて内部にX線発生用ターゲットと電子線発生手段を設置した真空容器手段と、電子線照射手段からの電子線の照射によりX線発生層から発生したX線を真空容器手段の外部に放射する窓手段と、試料を保持する保持手段と、窓手段から真空容器手段の外部に放射されて保持手段に保持された試料を透過したX線の像を検出するX線像検出手段と、このX線像検出手段で検出した試料を透過したX線の像を表示する表示手段とを備えて構成した。

【0014】

【作用】上記各技術的手段の働きはつぎのとおりである。第一の発明の構成によれば、X線発生用ターゲットに照射される電子線を細く絞り、照射される電子線の吸収がないようにX線発生層の厚さを十分に薄くすると共に透過した電子を吸収する電子線吸収層を設け2層としたので、照射された電子線が前記ターゲットの内部まで侵入する散乱領域（例えば、加速電圧100kVの電子

線の散乱領域は、5 $\mu$ m以上）が制限され、かつ、透過した電子が完全に吸収され焦点サイズを微小化することができる。また、上記X線発生層に微小体のX線発生体を使用しても、同様の働きが得られる。

【0015】本発明によるX線撮像装置によれば、電子線のビーム径を十分に細く集束し、薄いX線発生層と電子線吸収層との2層構造のX線発生用ターゲットに照射し、前記ターゲットは、冷却手段により冷却され、高輝度、かつ、微小な焦点サイズのX線が得られるため、半影ばけのない鮮明な試料の透視像が得られ、この試料透視X線像を表示すれば鮮明な像がえられる。

【0016】

【実施例】以下本発明の各実施例を図1ないし図19を参照して説明する。

【実施例 1】

図1は、本発明の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。第一の発明に係る本実施例は反射形ターゲットについて説明する。

【0017】図1において、1は集束電子線、4はX線、5はX線発生層、6は電子線吸収層、7は支持体であり、これらによりターゲットTを構成している。X線発生層5は、X線発生効率の高い重金属が好適であり、かつ、電子線6の熱発生作用を考慮し、融点の高いタングステンやモリブデンにより構成されている。また、その膜厚は所望するX線焦点サイズによるが、1 $\mu$ mの焦点サイズを得ようとすれば1 $\mu$ m前後が良い。このとき、電子線1のビーム径は1 $\mu$ m以下に集束されている必要がある。

【0018】電子線吸収層6はX線発生層5を透過した電子を吸収する層である。X線発生層5が薄いので、照射した電子がX線発生層5で透過し吸収されないからである。電子線吸収層6は、X線発生効率の低い軽元素が適しており、例えば、原子番号が小さいベリリウムやカーボンが好適である。電子線吸収層6の膜厚は、電子を吸収するだけの厚さが必要であり、照射する電子の加速電圧にも関係する。加速電圧100kVのときは0.1mm程度必要であり、加速電圧200kVのときは0.3mm以上必要である。

【0019】支持体7はX線発生層5と電子線吸収層6を支持するものであり、電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱を分散させる働きを有する。このため、熱伝導率の高い金属が好適であり、例えば、銅が用いられる。ターゲットは真空中にあるので無酸素銅あるいは鱗青銅が好適である。このターゲットは支持体7を介して冷却される。

【0020】直流高電圧によって加速された集束電子線1がX線発生層5に衝突し、X線4が発生する。X線発生層5で発生したX線4はX線発生層5側の側方から取り出され、ターゲットは反射形として使用される。

【0021】本実施例に示したターゲットの製作方法の

一例を説明する。まず、支持体7と電子線吸収層6とは、無酸素銅板とベリリウム箔とを真空炉にて800～900℃に加熱し拡散接合して形成される。そのうち、X線発生層5はタングステン膜をスパッタリングあるいはCVDにて蒸着することにより形成され、ターゲットTが完成される。

#### 【0022】〔実施例 2〕

第一の発明に係る他の実施例について説明する。図2は、本発明の他の実施例に係る反射形ターゲットの断面図を示す。図2において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので、詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。8はX線発生体である。

【0023】図2に示す如く、第一の発明に係る本実施例の反射形ターゲットは、〔実施例1〕と原理的に同一であり、〔実施例1〕のX線発生層5が薄膜であるが、本実施例のX線発生体8は微小な塊である。このため、〔実施例1〕においては、X線発生層5に対する集束電子線1のビーム径は細く集束する必要があるが、本実施例のX線発生体8に対する集束電子線1のビーム径は、必ずしも細く集束しなくても、微小なX線焦点サイズが得られる。

【0024】本実施例の反射形ターゲットはX線発生体8と電子線吸収層6と支持体7とから構成されている。集束電子線1をX線発生体8に照射すると、X線発生体8からX線4が発生する。X線発生体8はX線発生効率の高い重金属が好適であり、例えば、融点の高いタングステンやモリブデンが好適である。また、その大きさは所望するX線焦点サイズによるが、その大きさを1μmとすれば焦点サイズ1μmが得られる。電子線吸収層6と支持体7については〔実施例1〕と同様であるので、詳細な説明は省略する。

#### 【0025】〔実施例 3〕

第一の発明に係る他の実施例について説明する。図3は、本発明のさらに他の実施例に係る反射形ターゲットの断面図を示す。図3において、図中、図2と同一符号は同一部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。9は保護層である。図3に示すごとく、第一の発明に係る本実施例の反射形ターゲットは〔実施例2〕と原理的に同一であるが、保護層9を加えたものである。

【0026】本実施例の反射形ターゲットは電子線吸収層6と支持体7とX線発生体8と保護層9とから構成される。保護層9はX線発生体8を機械的に保護するものであり、その転倒などを防ぐ作用がある。集束電子線1による反射電子や二次電子を少なくし、これらの電子によるX線の発生を防ぐ必要のためX線発生効率の低い軽元素が好適である。

【0027】上記の〔実施例2〕と〔実施例3〕との反射形ターゲットの製造方法の一例を説明する。まず、支持体7と電子線吸収層6は、無酸素銅板とベリリ

ウム箔とを真空炉にて800～900℃に加熱し拡散接合して形成される。そのうち、この上にタングステン膜をスパッタリングあるいはCVDにて蒸着する。タングステン膜の上にレジストを塗布し、電子ビームによる露光を施し、レジストを現像したのち不要なタングステン膜をエッチングして、X線発生体8となる部分を形成する。そして、レジストを除去すると〔実施例2〕の反射形ターゲットが完成する。さらに、ポリイミドを塗布して保護層9を形成すると、〔実施例3〕の反射形ターゲットが完成する。

#### 【0028】〔実施例 4〕

第一の発明のさらに他の一実施例を説明する。図4は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットの説明図である。図中、図1と同一符号は同等部分であるのでその説明は省略する。20は吸熱部、21は回転軸である。本実施例は、〔実施例1〕、〔実施例2〕、〔実施例3〕のターゲットと相違する点はターゲットを回転させることである。これにより、電子ビームの照射位置が刻々と変ることによりで、ターゲットの照射される部分の温度上昇が抑えられることが特徴である。

【0029】本実施例のターゲットTはX線発生層5と電子線吸収層6とを拡散接合し、さらに、電子線吸収層6と吸熱部20とを接合して構成される。前記ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。X線発生層5は〔実施例1〕と同様に、集束電子線1の照射によりX線4を発生する層であり、X線発生効率が高く、かつ、融点の高い重金属、例えば、タングステンやモリブデン等が好適である。

【0030】また、その膜厚は所望するX線焦点サイズによるが、1μmの焦点サイズを得るには1μm前後が良い。このとき、集束電子線1のビーム径は1μm以下に集束されている必要がある。X線発生層5が薄いため、照射された集束電子線1の電子がX線発生層5では吸収しきれない。

【0031】電子線吸収層6はX線発生層5を透過した集束電子線1の電子を吸収する層である。電子線吸収層6はX線発生効率の低い軽元素が好適である。例えば、原子番号が小さいベリリウムやカーボン等が好適である。電子線吸収層6の膜厚は電子を吸収するだけの厚さが必要であり、照射する電子の加速電圧に関係する。加速電圧100kVのときは0.1mm程度必要であり、加速電圧200kVのときは0.3mm以上必要である。

【0032】吸熱部20は、集束電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱を奪い、蓄熱し、かつ、放熱する働きがある。したがって、熱容量の大なる程よく、そのためある程度の体積が必要である。その材質は備えるべき機能から熱伝導率がよく、かつ、比熱の大きい、例えば、カーボン等が良い。集束電子線1の照射によりX線発生層5にX線と熱とが発生するが、集束電子線1

の照射位置が刻々と変わるように、ターゲットTを回転軸21のまわりに回転させる。

【0033】これにより集束電子線1によるX線発生層5の照射部が局部的に高温にならないようにする。発生した熱は吸熱部20に蓄えられ、吸熱部20から徐々に周囲に伝わり放散される。本実施例においては、X線発生層として〔実施例1〕に示すX線発生層5を構成要素として用いたが、〔実施例2〕、〔実施例3〕の説明したX線発生体8を使用しても差し支えない。

【0034】〔実施例5〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の第1の例を説明する。図5は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図5は、X線源に〔実施例1〕のターゲットを組み込み使用しているものであり、X線源の一部を示している。図5において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので、詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。13は真空容器、14はX線取り出し窓、15は冷却用パイプ、16は冷却用冷媒である。

【0035】ターゲットTは無酸素銅の支持体7とベリリウム箔の電子線吸収層6とタングステン膜のX線発生層5とから構成されている。ターゲットTは真空容器13の中に収納されており、集束電子線1が照射されるとX線4が発生する。発生したX線4はX線取り出し窓14から外部に取り出される。

【0036】X線取り出し窓14はX線の透過率の高い物質が良く、例えば、ベリリウムが適切である。また、無酸素銅の支持体7には冷却用パイプ15が接合されており、冷却用パイプ15の中は冷媒16が流されている。図5の実施例においては、支持体7と冷却用パイプ15とは接合されており別体となっているが、無酸素銅支持体7に流通穴を穿設し冷媒16を前記流通穴に直接流通させても差し支えない。

【0037】本実施例の動作を説明する。X線発生層5は、集束電子線1により照射され、X線4を放射すると共に大量の熱量を発生する。発生した熱は熱伝導により電子線吸収層6へ伝わり、続いて支持体7へ伝導する。支持体7へ熱伝導された熱は冷却用パイプ15中の冷媒16により外部へ持ち去られる。無酸素銅支持体7に流通穴を穿設し、冷媒16を直接流通させる形についても同様の成果を得る。

【0038】このようにして、ターゲットTの熱は、冷媒16により外部へ運ばれ冷却される。冷媒16は通常のものでよく、例えば、水で良い。このように、ターゲットTが冷却されるため大電流の集束電子線を照射でき、強力なX線を得ることができる。

【0039】〔実施例6〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の別の例を説明する。図6は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。また、X線源には〔実施例

1〕の反射形ターゲットが使用されている。図6において、図中、図5と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。17は冷却用ファンである。

【0040】図6を参照して本実施例を説明する。ターゲットTはタングステン膜のX線発生層5とベリリウム箔の電子線吸収層6とから構成されている。ベリリウム箔の電子線吸収層6が真空容器13に接合されている。この場合支持体7が省略されている場合を説明する。集束電子線1のX線発生層5への照射により発生したX線4は、X線取り出し窓14より外部へ取り出される。同時に発生した熱量は電子線吸収層6を介して真空容器13に伝えられる。

【0041】伝熱した真空容器13はファン17により冷却される。したがって、X線発生層5と真空容器13との熱落差が大となり、発生した熱量は速く真空容器13に伝わる。その結果、ターゲットTは冷却されるため大電流の集束電子線を照射することができ、強力なX線を得ることができる。

【0042】〔実施例7〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図7は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線源には〔実施例1〕の反射形ターゲットを使用している。図中、図5、6と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。18は電子冷却素子である。

【0043】ターゲットTは、タングステン膜のX線発生層5とベリリウム箔の電子線吸収層6と無酸素銅の支持体7とから構成されている。ターゲットTは電子冷却素子18を介して真空容器13と接合されており、真空容器13はファン17で冷却されるようになっている。

【0044】本実施例の冷却動作を説明する。電子線1の照射により発生したX線4はX線取り出し窓14より外部へ取り出される。同時に、ターゲットTで発生した熱は電子冷却素子18のヒートシンクの働きにより真空容器13に運ばれる。真空容器13は、ファン17で冷却されるのでターゲットTと真空容器13との熱落差が大となり、発生した熱量は速く真空容器13に伝わる。その結果、ターゲットTは冷却されるため大電流の集束電子線を照射することができ、強力なX線を得ることができる。

【0045】本実施例は、冷却水などの冷媒を使用しないため漏水事故の怖れがなく、電子冷却素子を使用するため冷却性能が優れている。上記、〔実施例5〕から〔実施例7〕までに使用したターゲットは、〔実施例1〕のターゲットであったが、〔実施例2〕から〔実施例3〕に示したX線発生体で構成されるターゲットを使用しても、全く同様に成果を得ることができる。

【0046】〔実施例8〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図8は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットの説明図である。図8は、図4に示す〔実施例4〕のような回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図8において、図中、図1、5と同一符号は同等部分であるので詳細な説明は省略する。新たな符号のみ説明する。21は回転軸、24はローター、25はステーター、26はベアリングである。

【0047】ターゲットTは、円錐形のカーボンの支持体7の表面に1μm程度の厚さのタングステン膜のX線発生層5をスパッタリングあるいはCVDで蒸着したものである。カーボン製の支持体7は、集束電子線1のX線発生層5を透過した電子の吸収層と集束電子線1の照射によりX線発生層5に発生した熱の吸熱部との両作用を兼ね備えている。

【0048】ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。前記回転軸21はベアリング26で保持されており、ローター24とステーター25により高速回転するようになっている。真空容器13は、前記のターゲットT、回転軸21、ローター24、ベアリング26等を内包すると共に、その外面にはX線取り出し窓14が設けられている。このX線取り出し窓14にはX線を良く通す軽元素、例えば、ベリリウム板が好適である。

【0049】集束電子線1は、円錐形の斜面に照射されターゲットTの回転により照射面の位置が刻々と変わる。このため、局部的にターゲットTの照射面が高温となることがなく大電流の集束電子線を照射できる。集束電子線1によるターゲットTの照射面に発生したX線4は、X線取り出し窓14から取り出される。

【0050】〔実施例9〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図9は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図9は、図7に示す〔実施例7〕の回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図中、図8と同一符号は同等部分であるので説明を省略する。本実施例は、〔実施例8〕と原理的には全く同一である。図9に示すように、ターゲットTは、円筒形のカーボンの支持体7の端面にタングステン膜を付け、X線発生層5を形成したものである。さらに、ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。

【0051】このターゲットTの回転軸21は、ベアリング26で保持されておりローター24とステーター25により高速回転する。真空容器13にはX線取り出し窓14があり、ここから集束電子線1の照射によって発生したX線4が取り出される。ターゲットTの回転軸21は集束電子線1の光軸に対して斜めに傾けてあり、X線4を取り出しやすくしものである。

【0052】〔実施例10〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図10は、本発明のさらに他の実施例に係るターゲットのX線源の説明図、図11は、図10のターゲットのX線源の断面図である。図10、11は、図7に示す〔実施例7〕の回転するターゲットを組み込んだX線源の実施例である。図中、図8と同一符号は同等部分であるので説明を省略する。

【0053】図10に示す如く、ターゲットTは、円筒形状のカーボンの支持体7の円筒面にタングステン膜を付着させ、X線発生層5を形成したものである。ターゲットTは回転軸21により回転させられるようになっている。前記ターゲットTの回転軸21は、ベアリング26で保持されており、ローター24とステーター25により高速回転する。

【0054】本実施例では、集束電子線1の光軸と前記回転軸21とは直交する方向にあり、したがって、集束電子線1はターゲットTの円筒面にあるX線発生層5を照射することになる。図11に示す如く、真空容器13にはX線取り出し窓14が設けられており、集束電子線1の照射によって発生したX線4が取り出される。

【0055】集束電子線1の照射によりタングステン膜のX線発生層5が劣化した場合、円筒形のターゲットTを軸方向（図10においては、上下の方向）に移動させ、新しいX線発生層5の面に集束電子線1が照射するようにする。これによりターゲットTの交換回数を減らすことができる。

【0056】〔実施例11〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図12は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。微小焦点X線源では、微細な集束電子ビームを使用するため、電子ビームの焦点を確実にターゲットTのX線発生層5に合わせ必要がある。電子ビームの焦点は試料の透過X線像を見ながら合わせることができるが、X線像を実時間で観察できないときは大変手間の必要な作業となる。そこで、他の電子ビームの焦点検出方法が必要となる。本実施例においては、走査電子像を使用して焦点を検出し、微細な集束電子ビームをターゲットTのX線発生層5に合わせることができるX線源を説明する。

【0057】図12において、図中、図1と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみ説明する。30は金属メッシュ、31はフィラメント、32は電子レンズ、33は偏向コイル、34は電子線検出器である。フィラメント31で発生した集束電子線1は電子レンズ32で集束されてターゲットTに照射される。ターゲットTはX線発生層5と電子線吸収層6と支持体7とから構成されている。

【0058】ターゲットTに集束電子線1が照射されると、X線の発生と同時に反射電子や2次電子も発生する。集束電子線1を偏向コイル33で走査し、反射電子

あるいは2次電子を電子線検出器34で検出することにより、走査電子像が得られる。この走査電子像を見ながら電子レンズ32の励磁電流を変えて焦点を合わせることができる。

【0059】しかし、X線発生層5は平滑な様な面であるため、集束電子線1の焦点を合わせることが難しい。そこで、X線発生層5の面上に金属メッシュ30を載置する。金属メッシュは一樣でなく質量に差があるので、そのメッシュ像が見えるので容易にピントを把握できる。

【0060】また、金属メッシュ30を置く代わりに、X線発生層5にピント合せ用のマークを刻設しておいてもよい。走査電子像で集束電子線1の焦点を合わせた後は、集束電子線1の走査を止め、一点に集束電子線1を照射してX線を発生させると微小焦点X線源を得る。

【0061】〔実施例 12〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図13は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線の応用分野の一つであるX線CTやラミノグラフィにおいては、X線発生点回転するX線発生源が必要となる場合がある。本実施例は、集束電子線の回転偏向によって微小焦点のX線発生点を回転させる反射形ターゲットの実施例を説明する。

【0062】図13において、図1、10、12と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみ説明する。40は真空ポンプである。ターゲットTの構造は、円環の支持体7に電子線吸収層6が接合され、その上面にX線発生体8が設けられている構造である。

【0063】X線発生体8の形状は円環形をなし、その断面の大きさは所望するX線焦点サイズと等しい大きさとする。その材質はX線発生効率が高く、かつ、発生熱量に対する配慮から融点の高い金属が適切であり、例えば、タングステン等が好適である。

【0064】電子線吸収層6はX線の発生が少ない軽元素であり、例えば、ベリリウムが用いられる。その厚さは電子を吸収するのに十分な厚さが必要であり、例えば、電子の加速電圧が200kVのときは0.3mm必要である。支持体7は電子の照射により発生した熱を効率良く逃がすために、熱伝導の良い金属、例えば、銅系の金属が良い。さらに、冷却水、電子冷却素子を使用して積極的に冷却することも考えられる。

【0065】次に、本実施例の動作を説明する。フィラメント31で発生した集束電子線1は、電子レンズ32で集束され偏向コイル33でX線発生体8に照射され、X線4を発生させる。偏向コイル33により集束電子線1が、円環のX線発生体8を照射しながら、その照射点をX線発生体8に沿って移動する。したがって、X線を発生する点は回転移動する。

【0066】X線発生体8の断面が小さいので、集束電子線1のビーム径の如何にかかわらず微小焦点が得られる。また、前記機器部材は真空容器13内に設けられており、その内部は真空ポンプ40で真空状態に保持されている。発生したX線4はX線取り出し窓14から外部に取り出される。

【0067】〔実施例 13〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図14は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。図14(a)は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の断面図、図14

(b)は、図14(a)のX線源に用いられているターゲットの説明図である。本実施例は、集束電子線1の回転偏向によって、微小焦点のX線発生点を回転させる透過形ターゲットを用いたX線源の実施例を説明する。図中、図13と同一符号は同等部分であるのでその説明は省略する。新たな符号のみ説明する。42は気密封X線透過窓である。

【0068】ターゲットTは、真空を封じ切るX線透過窓42に円環形状のX線発生体8を取り付けたものである。X線透過窓42は電子の照射によるX線の発生が少なく、かつ、X線の吸収が少ない軽元素が好適である。例えば、ベリリウムの薄板等が好適である。

【0069】X線発生体の断面の大きさは所望するX線焦点サイズと等しい大きさとし、その材質はX線発生効率が高く、かつ、融点の高い金属が適切である。例えば、タングステン等が好適である。本実施例においては、X線発生体8を2周配設した例を示しており、回転半径の異なるX線発生点を選択できる。

【0070】次に、本実施例の動作を説明する。フィラメント31で発生した集束電子線1は、電子レンズ32で集束され偏向コイル33でX線発生体8に照射され、X線4を発生させる。偏向コイル33により集束電子線1が、円環のX線発生体8に沿って回転させられ、X線4の発生点を回転させる。

【0071】X線発生体8の断面が小さいので、集束電子線1のビーム径にかかわらず微小焦点が得られる。また、前記機器部材は真空容器13内に設けられ、真空ポンプ40により真空状態に保持されている。

【0072】従来の同種のX線源は、集束電子線の回転偏向のため収差が大きく集束電子線を細くすることが困難であったため、微小な焦点サイズを得ることができなかった。しかし、本実施例では、X線発生ターゲットの構造を工夫することにより微小な焦点サイズが得ることができる。

【0073】〔実施例 14〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源のさらに別の例を説明する。図15は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。X線には、連続X線と特性X線がある。一搬には、連続X線は、集束電子線が

X線発生用ターゲットに衝突し前記ターゲット物質中の原子核の電場によってクーロン力をうけ、電子の進路が曲げられ減速されるとき放射される。したがって、連続X線の波長は電子の加速電圧に関係する。特性X線は、原子核とそれを取りまく各殻の電子に、高速の電子が衝突すると核に近い内殻の電子が叩きだされ、そのあとに外殻の電子が遷移するとき放射される。したがって、特性X線の波長は前記ターゲットの材質に関係する。

【0074】このため、特性X線を利用する場合は前記ターゲットを交換することが多い。このターゲットの交換が容易にできると便利である。図15を参照して、X線を発生させる薄膜の材質を場所によって変るようにし、集束電子線を偏向させ照射されるX線発生層の場所を変えることによりX線発生層の材質を瞬時に切換えられるX線源を説明する。

【0075】図15において、Tはターゲット、1は集束電子線、4Aは特性X線、6は電子線吸収層、7は支持体、15は冷却用パイプ、16は冷却用冷媒、33は偏向コイル、35は第1の金属膜、36は第2の金属膜である。ターゲットTは、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6を接合し、さらに、その上に第1の金属膜35および第2の金属膜36を接合したものである。

【0076】第1の金属膜35および第2の金属膜36はX線発生層であり、それぞれ、必要とする波長の特性X線を持つ材料が選択されている。その膜厚は所望のX線焦点サイズによるが1 $\mu$ m前後であり、スパッタリングやCVDにより形成することができる。ターゲットTの冷却は冷却パイプ15に冷媒16を流すことによって行なわれる。

【0077】本実施例の動作を説明する。集束電子線1をターゲットTの照射し、X線発生層より特性X線4Aを発生させる。この照射に際し、偏向コイル33で集束電子線1を偏向し、照射する位置を第1の金属膜35あるいは第2の金属膜36にすることにより、ターゲットのX線発生層の材質を変えることができる。集束電子線1は瞬時に偏向可能であるので、異なる波長の特性X線に瞬時に切り換えられる。

【0078】本実施例においては金属膜の個数は2個であるが、多数の種類ターゲットを必要とするならばその個数だけ異なった金属膜を設ければ良い。また、ターゲットの冷却方法も冷媒16を流すのではなく、【実施例6】、【実施例7】に示すファンによる冷却方法を用いても差し支えない。

【0079】【実施例15】

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図16は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。本実施例は、【実施例14】とほぼ同一構成である。図中、図15と同一符号は同等部分であるのでその説明を省略する。18は電子

冷却素子である。

【0080】本実施例は、【実施例14】の第1の金属膜35および第2の金属膜36のX線発生層の代わりに、多数のX線発生体8を設けたものである。本実施例は、【実施例14】と同様に、特性X線を発生するX線発生層の材質を場所によって変えておき、集束電子線を偏向させ照射する場所を変えることにより、特性X線を発生するX線発生層の材質を瞬時に切換えるようになっている。

【0081】ターゲットTは、無酸素銅板の支持体7にベリリウム箔の電子線吸収層6を接合し、その上に多数のX線発生体8を接合したものである。すなわち、【実施例2】の図2に示したターゲット構造においてX線発生体8を複数にしたものである。X線発生体8には、必要とする波長の特性X線を放射する材料を選択することができる。

【0082】X線発生体8が微小な塊になると、集束電子線1のビーム径を必ずしも細く集束しなくても微小なX線焦点サイズが得られる。1 $\mu$ mの焦点サイズを得るためには個々のX線発生体8の大きさを1 $\mu$ mにすることが好ましい。また、集束電子線1のビーム径が十分に細くすると、X線発生体8の厚さを薄くすればX線発生体8の面積は大きくても差し支えない。

【0083】集束電子線1は、偏向コイル33により所望する波長の特性X線を出す材質のX線発生体8に照射され、所望する波長の特性X線4Aが得られる。集束電子線1により照射されるX線発生体8が変えられることにより、異なる波長の特性X線4Aを瞬時に発生させることができる。また、本実施例では、ターゲットTの冷却は、電子冷却素子18で冷却されるようになっているが他の方法でも差し支えない。

【0084】【実施例16】

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。第三の発明のさらに他の一実施例を説明する。図17、18は、本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲット説明図である。図中、図15、16と同一符号は同等部分であるのでその説明を省略する。新たな符号のみ説明する。38は薄膜、39は保護層である。

【0085】本実施例は、特性X線を発生する薄膜の材質を場所によって変えておき、集束電子線を偏向させ、照射する位置を変えることでターゲットの材質を瞬時に切換えるものである。上記の各実施例では反射形ターゲットについて説明したが、本実施例は透過形ターゲットである。

【0086】図17において、ターゲットTは薄膜38にX線発生体8が載置されている構造である。薄膜38は電子の照射によるX線の発生が少なくX線の吸収が少ない軽元素が望ましく、例えば、ベリリウム箔が最適である。X線発生体8は必要とする波長の特性X線を放射

する材料を選択すれば良い。X線発生体8は微小な塊であるので、集束電子線1のビーム径を必ずしも細く集束しなくても微小なX線焦点サイズが得られる。また、集束電子線1のビーム径を十分に細くしX線発生体8の厚さを薄くすれば、X線発生体8の面積は大きくても差し支えない。

【0087】集束電子線1は偏向コイル33により所望する波長の特性X線を放射する材質のX線発生体8を照射され、所望する波長の特性X線4Aを得る。集束電子線1が照射されるX線発生体8を変えることで、発生する特性X線の波長を瞬時に変えることができる。

【0088】図18は、X線発生体8の転倒などを防止するため保護層39の間にX線発生体8を埋め込む構造としたものを示す。保護層としてはX線の発生が少ない軽元素が良い。X線発生体8は保護層39により機械的に保護される。

#### 【0089】〔実施例 17〕

次に、本発明によるターゲットを用いたX線源の更に別の例を説明する。図19は本発明のさらに他の実施例に係る高解像度X線撮像装置の説明図である。本実施例は各実施例において説明したターゲットを使用した高解像度X線撮像装置に係るものである。

【0090】図19において、図5、12と同一符号は同等部分であるので説明は省略する。新たな符号のみを説明する。40は真空ポンプ、43は加速管、44はコンデンサレンズ、45は対物レンズ、46は同期回路、47a、47bはディスプレイ、48は試料、49はステージ、50はX線イメージインテンシファイア、51はコリメータレンズ、52はミラー、53はイメージングレンズ、54はCCDカメラ、55はコントローラである。

【0091】X線撮像装置は微小焦点X線源と制御部と検出系とから大別される。微小焦点X線源は、真空ポンプ40で真空中に保持されている真空容器13の中に、フィラメント31、加速管43、コンデンサレンズ44、偏向コイル33、対物レンズ45、ターゲットTが配設され構成している。ターゲットTは図4の〔実施例4〕で示したターゲットTと同一の構成である。

【0092】すなわち、無酸素銅板の支持体7にベリウム箔の電子線吸収層6が接合され、さらにタングステン膜のX線発生層5が蒸着されたものである。裏面には冷却用パイプ15が設けられ、そこを流れる冷媒16により冷却されている。この実施例においては、図4の〔実施例4〕で示したターゲットを用いたが、前述した他の実施例のターゲットを使用しても差し支えない。

【0093】制御部は、電子線の偏向信号と検出信号とを同期させる同期回路46と電子線の走査像を表示するディスプレイ47aからなる。検出系は、X線を可視像に変換するX線イメージインテンシファイア50と、このX線イメージインテンシファイア50の出力をCCD

カメラ54に結像させるレンズ組51、52と、前記CCDカメラ54の出力を表示するディスプレイ47bからなる。

【0094】次に、本実施例の機能を説明する。集束電子線1は、フィラメント31から発生し、加速管43により加速され、コンデンサレンズ44と対物レンズ45の2枚のレンズの働きにて集束される。フィラメント31は、大電流の集束電子線を得るため高輝度な六ほう化ランタンフィラメントが好適である。レンズを2枚としたのは、集束電子線1を細く絞るためであり、所望のビーム径を得られるのであれば1枚あるいは3枚もしくはそれ以上でも必要に応じて配設して差し支えない。

【0095】解像度1 $\mu$ mのX線透視像を得るためには電子ビーム径を1 $\mu$ m以下とする必要がある。また、X線発生層5の膜厚も1 $\mu$ m以下にする必要がある。集束電子線1は、偏向コイル33によりX線発生層5の面上を走査しながら照射する。この照射によりX線発生層5から発生した反射電子や2次電子は、電子線検出器34により検出される。

【0096】同期回路46は、偏向コイル33を駆動する偏向信号と電子線検出器34の検出信号を同期させ、走査電子像を得てディスプレイ47aに表示する。このディスプレイ47aに表示された走査電子像を見ながら、集束電子線1の焦点をX線発生層5上に合わせる。

【0097】この場合、図7の〔実施例7〕で示した如く、X線発生層5の上にメッシュを載置すると上記焦点が合わせやすい。上記焦点を合わせたのち、集束電子線1は偏向コイル33による偏向を中止し、X線発生層5の1点を照射しX線4を発生させる。X線4はX線取り出し窓14より外部に取り出される。

【0098】このようにして得られたX線源は、その線源径が小さく、かつ、焦点が微細となっているため、試料の透過像に半影ぼけが発生せず、解像度の高いX線透視像が得られる。集束電子線1の照射によりターゲットTが損傷を受けた場合、偏向コイル33により集束電子線1の照射する位置を少しずらさせる。これによりターゲットTの寿命が伸び、その交換回数を減らすことができる。

【0099】試料48は、ステージ49に載せられX線発生層5とX線イメージインテンシファイア50との間の所定の位置に置かれ、微小焦点X線源からのX線の照射を受ける。試料48を透過したX線は、X線イメージインテンシファイア50で可視像に変換される。X線イメージインテンシファイア50の出力像は、コリメータレンズ51とイメージングレンズ53によりCCDカメラ54に結像される。結像された試料像はディスプレイ47b上に表示される。

【0100】コリメータレンズ51とイメージングレンズ53の間には、ミラー52が配設され、光路を曲げることにより検出系を小型化することができる。CCDカ

メラ54は、長時間露光が可能な冷却形CCDカメラを使用することが感度やダイナミックレンジの点で最適である。CCDカメラ54は、コントローラ55で制御され、検出像をディスプレイ47に表示する。X線撮像部はX線イメージインテンシファイア50とCCDカメラの組み合わせ以外の検出系でも差し支えないが、この組み合わせ系は感度が高く、かつ、使いやすい。

【0101】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、第一に、冷却性が良いという長所を持ち、かつ、X線の発生領域を小さいX線発生用ターゲットを提供することができる。第二に、上記ターゲットを使用した高出力のX線が得られるX線源を提供することができる。第三は、特性X線を出力するX線源においては、上記ターゲットの材質を変更し、容易、かつ、迅速に波長の変更できるX線源を提供することができる。第四は、上記X線源を使用した高解像度のX線撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図2】本発明の他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図3】本発明のさらに他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図4】本発明のさらに他の一実施例に係る反射形ターゲットの断面図である。

【図5】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図6】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図7】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図8】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図9】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図10】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図11】図10のX線源の断面図である。

【図12】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図13】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図14】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図15】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図16】本発明のさらに他の実施例に係るX線源の説明図である。

【図17】本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲットの説明図である。

【図18】本発明のさらに他の実施例に係るX線源のターゲットの説明図である。

【図19】本発明のさらに他の実施例に係る高解像度X線撮像装置の説明図である。

【図20】従来の透過型薄膜ターゲットの断面図である。

【符号の説明】

- T ターゲット
- 1 集束電子線
- 4 X線
- 5 X線発生層
- 6 電子線吸収層
- 7 支持体
- 8 X線発生体
- 13 真空容器
- 14 X線取り出し窓、
- 15 冷却用パイプ
- 16 冷媒
- 17 冷却用ファン
- 18 電子冷却素子
- 20 吸熱部
- 21 回転軸
- 24 ロータ
- 25 ステータ
- 26 ベアリング
- 31 フィラメント
- 32 電子レンズ
- 33 偏向コイル
- 34 電子線検出器
- 40 真空ポンプ
- 42 気封形X線透過窓
- 43 加速管
- 44 コンデンサレンズ
- 45 対物レンズ
- 46 同期回路
- 47 a, 47 b ディスプレイ
- 48 試料
- 49 ステージ
- 50 X線イメージインテンシファイア
- 51 コリメータレンズ
- 52 ミラー
- 53 イメージングレンズ
- 54 CCDカメラ
- 55 コントローラ



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-188092

(43)Date of publication of application : 08.07.1994

(51)Int.Cl.

H05G 1/00  
H01J 35/08  
H04N 5/32  
H05G 1/64

(21)Application number : 04-336468

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.12.1992

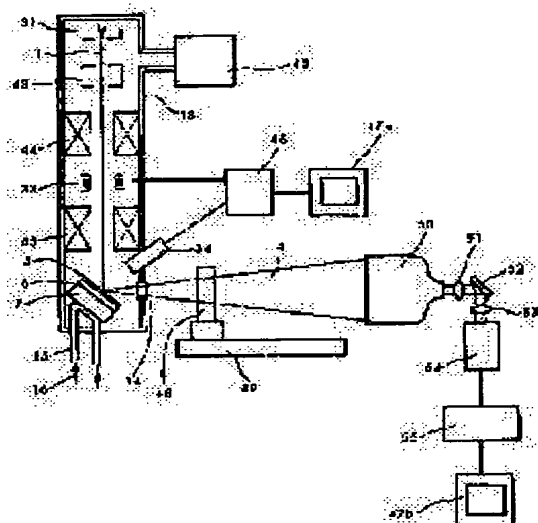
(72)Inventor : KOSHISHIBA HIROYA  
NAKAGAWA YASUO

## (54) X-RAY GENERATING TARGET, X-RAY SOURCE, AND X-RAY IMAGE PICKUP DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide an X-ray image pickup device provided with a high-output X-ray source by composing the X-ray source of an X-ray generating target having a micro-focal point size which can be cooled.

**CONSTITUTION:** A micro-electron beam 1 is radiated to a target T having an X-ray generating layer 5 comprising a support body 7, an electron absorption layer 6 jointed with it, and a tungsten film deposited on it. Heat generated by radiation of the electron beam 1 is cooled by cooling medium 16. An X-ray 4 generated from the X-ray generating layer 5 is taken, it is radiated to a sample 48, and its transmission image is detected by an X-ray image intensifier 50 and a cooling type CCD camera 54. Where a beam diameter of the electron beam 1 is set to be less than 1 mm, with thickness of the tungsten film in the X-ray generating layer 5 set at 1 mm, an X-ray source of a micro-focal point size of about 1 mm, thereby a clear fluoroscopic image without having a half shadow blurr can be provided by an X-ray image pickup device provided with this X-ray source.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 18.06.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The target for X-ray generating characterized by consisting of an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated this X-ray generating layer.

[Claim 2] An X-ray generating layer is a target for X-ray generating according to claim 1 characterized by consisting of two or more quality of the materials.

[Claim 3] The target for X-ray generating characterized by consisting of an X-ray generating object which generates the X-ray of a minute focus, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating object.

[Claim 4] An X-ray generating object is a target for X-ray generating according to claim 3 characterized by consisting of a piece at least.

[Claim 5] An X-ray generating object is claim 3 characterized by consisting of two or more quality of the materials, and a target for X-ray generating according to claim 4.

[Claim 6] An electron ray absorption layer is claim 1 characterized by being supported by the metaled base material thru/or a target for any X line generating according to claim 5.

[Claim 7] It is the target for X-ray generating according to claim 6 which an electron ray absorption layer joins and forms a beryllium foil in the metal plate of a copper system, and is characterized by the reflex which the X-ray generating layer vapor-deposited the tungsten film in the electron ray absorption layer of said beryllium foil, and formed.

[Claim 8] The line source X characterized by to constitute so that it has the target for reflex X-ray generating which consists of an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating layer, and a means cool said target from said electron ray absorption layer side and an X-ray may take out from said X-ray generating layer side.

[Claim 9] The target for X-ray generating is an X line source according to claim 8 characterized by supporting the electron ray absorption layer with the base material.

[Claim 10] Means to cool the target for X-ray generating from an electron ray absorption layer side are any X line sources of claim 8 and nine publications characterized by constituting by the electronic cooling element.

[Claim 11] X line source characterized by having the target for X-ray generating which consists of an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating layer, and a means to rotate said target.

[Claim 12] X line source characterized by having the target for X-ray generating which consists of an X-ray generating object which generates the X-ray of a minute focus, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating object, and a means to rotate said target.

[Claim 13] X line source characterized by having had a means to detect the reflection electron from the means and the target for X-ray generating which deflect an electron ray, and said target, and a secondary electron, and having a means to double the focus of said electron ray

with said target with the so image by said detection means.

[Claim 14] The target for X-ray generating is an X line source according to claim 13 characterized by providing the mesh for focuses of an electron ray to the X-ray generating part.

[Claim 15] The target for X-ray generating is an X line source according to claim 13 characterized by providing the surface pattern for focuses of an electron ray to the X-ray generating part.

[Claim 16] X line source which has the means which deflects an electron ray and carries out a rotation scan, and a target for X-ray generating possessing a circular ring-like X-ray generating object, is made to carry out the rotation scan of said electron ray with a means to carry out the rotation scan of said electron ray, and is carried out [ having constituted so that the point on said X-ray generating object generating / X-ray / might be rotated, and ] as the description.

[Claim 17] X line source characterized by constituting so that the characteristic X ray which changes the exposure location of the electron ray to said target with a means to have a means to deflect an electron ray, and a target for X-ray generating possessing the X-ray generating object which consists of two or more quality of the materials, and to deflect said electron ray, and is generated may be switched.

[Claim 18] X line source characterized by constituting so that the characteristic X ray which changes the exposure location of the electron ray to said target with a means to have a target for X-ray generating possessing the X-ray generating layer which consists of a means to deflect an electron ray, and two or more quality of the materials, and to deflect said electron ray, and is generated may be switched.

[Claim 19] It has the target for X-ray generating which has an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and the electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating layer. X line source cooled from said electron ray absorption layer side while irradiating said target with a detailed electron ray and taking out an X-ray from said X-ray generating layer side, X-ray image pick-up equipment characterized by constituting from a detection system which consists of an X-ray image intensifier which displays the X-ray image which saw through the sample, and a cooling form CCD camera.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the target for X-ray generating, X line source, and X-ray image pick-up equipment, and relates to the suitable target for X-ray generating for high resolution radiology, a minute focal X line source, and X-ray image pick-up equipment especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] High resolution was demanded in conventional X-ray image pick-up equipment. The focal dimension of X line source is mentioned as one factor which governs the detection resolution in X-ray image pick-up equipment. For this reason, in the X-ray image pick-up equipment with which high resolution is demanded, the micro focus X line source of a minute focus is used. The target for X-ray generating (henceforth a target) used for a micro focus X line source is divided roughly into the reflex using the X-ray which came out from the target to the longitudinal direction, and the transparency form using the X-ray which penetrated the target.

[0003] Although the reflection target was excellent about the cooling nature of a target, since the flare of the electron ray within a target became large, it had about resolution the fault of being disadvantageous. Although a transmission target was excellent since it made the flare of the electron ray within a target small about resolution, it had the fault that cooling nature was bad. However, generally many transmission targets were used by the advantage in which the flare of an electron ray is small.

[0004] First, a Prior art is explained with reference to drawing 20. Drawing 20 is the sectional view of the target of the conventional transparency form. For 1, as for a thin film target and 3, in drawing 20, a focusing electron ray and 2 are [ a field and 4 ] X-rays. If an X-ray accelerates the focusing electron ray 1 of the thermoelectron emitted from the cathode with the high voltage of a direct current and irradiates the thin film target 2, X-ray 4 will generate it in a field 3. X-ray 4 which penetrated this thin film target 2 is used. The magnitude of the X-ray generating field 3 becomes settled by the acceleration voltage of the focusing electron ray 1, the beam diameter, and the quality of the material and thickness of a target 2.

[0005] Although thickness of a target 2 had to be made thin in order to obtain the X-ray of minute focal size, conversely, in respect of a temperature rise, it became disadvantageous and there was a fatal fault that the target of high power and X line source were not acquired. Although X line source which used such a transmission target was indicated by JP,3-274500,A, for example, the focusing electron ray 1 is irradiated at a transmission target 2, and X line source of minute focal size was acquired.

[0006] Moreover, there was a fault that there was much use of the various X-rays with which wavelength differs, and it had to exchange the quality of the material of a target for whenever [ of modification of wavelength / every ] for that purpose recently about the characteristic X ray to which the applicable field is expanded. Moreover, it was also the cause of the fault that X-ray image pick-up equipment is not high resolution that the target of above-mentioned high power and X line source are not acquired.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The above-mentioned reflection target was excellent about cooling nature, and even if it tended to employ efficiently the advantage that the target of high power and X line source were acquired, the X-ray generating field by the focusing electron ray irradiated since it had fixed thickness was expanded, and it had the problem that micrifying of focal size could not be performed. moreover, the micro focus X line source of the minute focus which needs for fluoroscopy of high resolution the problem that micrifying of said focal size cannot be performed is not acquired — it obtained and was also a problem. In order that exchange of the quality of the material of the target in modification of the wavelength of characteristic X ray might suspend and carry out the vacuum devices of image pick-up equipment, it required long duration and had the problem of not being practical further again. Many above-mentioned problems also caused the problem that the X-ray image pick-up equipment of high resolution was not obtained further again.

[0008] It is in offering the target for X-ray generating which was made in order that this invention might solve the trouble of the above-mentioned conventional technique, had the advantage in which the 1st purpose had good cooling nature, and made the generating field of an X-ray small.

[0009] The 2nd purpose is to offer X line source from which the X-ray of the high power which used the above-mentioned target is obtained. The 3rd purpose is in X line source which outputs characteristic X ray to offer X line source which changes the quality of the material of a target and can change wavelength ease and quickly. The 4th purpose is to offer the X-ray image pick-up equipment of the high resolution which used X line source of the above-mentioned high power.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the first purpose of the above, the first configuration of invention consists of an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray concerning the target for X-ray generating, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating layer. The above-mentioned X-ray generating layer consists of two or more quality of the materials. Moreover, the target for X-ray generating consists of an X-ray generating object which generates the X-ray of a minute focus, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating object.

[0011] The above-mentioned X-ray generating object consists of generating objects of a piece at least. Moreover, the above-mentioned X-ray generating object consists of two or more quality of the materials. The above-mentioned electron ray absorption layer is supported by the metaled base material. The above-mentioned target for X-ray generating joins a beryllium foil, forms an electron ray absorption layer in the metal plate of a copper system, vapor-deposits the tungsten film in said electron ray absorption layer, forms an X-ray generating layer in it, and makes it a reflex.

[0012] Moreover, the configuration of the second invention which relates to X line source in order to attain the second purpose of the above The target for reflex X-ray generating which consists of an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated the X-ray generating layer, It constitutes from a means to cool said target from said electron ray absorption layer side, and a means which takes out an X-ray from an X-ray generating layer side. An electronic cooling element constitutes a means to cool from the above-mentioned electron ray absorption layer side. The above-mentioned electron ray absorption layer is supported by the metaled base material.

[0013] Moreover, it is made for X line source to rotate the target for X-ray generating which consists of an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating layer. X line source has the target for X-ray generating which consists of an X-ray generating object which generates the X-ray of a minute focus, and an electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated said X-ray generating object, and it is made to rotate said target.

[0014] Moreover, X line source is equipped with a means to deflect an electron ray, and a means to detect the reflection electron and secondary electron from the target for X-ray generating, and doubles the focus of said electron ray with said target with the scan image by said detection means. It is made for the above-mentioned target for X-ray generating to make the part which generates an X-ray possess the mesh for the focuses of an electron ray. It is made for the above-mentioned target for X-ray generating to make the part which generates an X-ray possess the surface pattern for the focuses of an electron ray.

[0015] Moreover, X line source carries out the rotation scan of said electron ray with the means which deflects an electron ray and carries out a rotation scan, and a means to be equipped with the target for X-ray generating possessing a circular ring-like X-ray generating object, and to deflect said electron ray, and it is made to rotate the point on the X-ray generating object of the shape of said circular ring generating [ X-ray ].

[0016] In order to attain the third purpose of the above, the configuration of the third invention concerning X line source which generates characteristic X ray It has the target for X-ray generating which has either of the X-ray generating layers which has a means to deflect an electron ray, and the X-ray generating object or two or more quality of the materials which have two or more quality of the materials. The exposure location of the electron ray to said target is changed with a means to deflect said electron ray, and it is made to generate various characteristic X ray.

[0017] In order to attain the fourth purpose of the above, the configuration of the fourth invention concerning X-ray image pick-up equipment It has the target for X-ray generating which has an X-ray generating layer with the thin thickness which does not absorb the irradiated electron ray, and the electron ray absorption layer which absorbs the electron which penetrated the X-ray generating layer. It constitutes from a detection system which consists of an X line source cooled from an electron ray absorption layer side while irradiating said target with a detailed electron ray and taking out an X-ray from an X-ray generating layer side, and the X-ray image intensifier which displays the X-ray image which penetrated the sample and a cooling form CCD camera.

[0018]

[Function] The work of each above-mentioned technical means is as follows. According to the first configuration of invention, the electron ray irradiated by the target for X-ray generating is extracted thinly. Since the electron ray absorption layer which absorbs the electron penetrated while making thickness of an X-ray generating layer thin enough so that there might be no absorption of the electron ray irradiated was prepared and it considered as two-layer The electron which the dispersion field (the dispersion field of an electron ray with an acceleration voltage of 100kV is 5 micrometers or more) upon which the irradiated electron ray trespasses to the interior of said target was restricted, and was penetrated is absorbed completely, and can micrify focal size. Moreover, the same work is obtained even if it uses the X-ray generating object of microbody for the above-mentioned X-ray generating layer.

[0019] According to the second configuration of invention, the great portion of energy which the electron ray irradiated has serves as heat in the target for X-ray generating, but this heat is cooled from an electronic absorption layer side with a cooling means, heat is taken and said target is cooled. Thereby, X dosage which said target can irradiate the increase of the thermal resistance and the \*\*\*\* electron ray of a high current, and is generated can output increase and the X-ray of high brightness. the increase of X dosage which can irradiate the \*\*\*\* electron ray of a high current and is generated since the exposure location of an electron ray changes every moment when said target rotates -- high -- a brightness X-ray is outputted.

[0020] Moreover, a means to deflect an electron ray can detect the scan electronic image of an X-ray generating layer, and the focus of an electron ray can be certainly united with an X-ray generating layer. If a mesh is especially put on an X-ray generating layer, a scan electronic image will become clear and it will be easy to double a focus. Furthermore, with a means to deflect an electron ray, the exposure location of a \*\*\*\* electron ray can be shifted and the life of said target can lengthen. Furthermore, the point of minute focal size generating [ rotation X-ray ] can be acquired by carrying out the deviation scan of the X-ray generating object top of a circular

ring for an electron ray.

[0021] Since according to the third configuration of invention the electron ray irradiated is deflected and two or more quality-of-the-material locations of the X-ray generating object of the target for X-ray generating or an X-ray generating layer are irradiated, the wavelength of the characteristic X ray which switches in an instant and generates the quality of the material of said target changes.

[0022] According to the fourth configuration of invention, it converges thinly enough and the beam diameter of an electron ray is irradiated at the target for X-ray generating of the two-layer structure of a thin X-ray generating layer and an electron ray absorption layer, and since said target is cooled by the cooling means and the X-ray of high brightness and minute focal size is obtained, the fluoroscopy image of a clear sample without penumbra dotage is obtained, and a clear image will be obtained if this sample fluoroscopy X-ray image is displayed.

[0023]

[Example] Each example of this invention is explained with reference to drawing 1 thru/or drawing 19 below.

[Example 1] Drawing 1 is the sectional view of the reflection target concerning one example of this invention. This example concerning the first invention explains a reflection target.

[0024] In drawing 1, as for a focusing electron ray and 4, an electron ray absorption layer and 7 are base materials, and an X-ray and 5 constitute [ 1 / an X-ray generating layer and 6 ] Target T by these. Heavy metal with high X-ray generating effectiveness is suitable for the X-ray generating layer 5, and it is constituted by the high tungsten and the molybdenum of the melting point in consideration of the heat release operation of an electron ray 6. Moreover, although the thickness is based on the X-ray focal size for which it asks, if it is going to obtain the focal size of 1 micrometer, 1-micrometer order is good. At this time, the beam diameter of an electron ray 1 needs to be converging on 1 micrometer or less.

[0025] The electron ray absorption layer 6 is a layer which absorbs the electron which penetrated the X-ray generating layer 5. It is because the X-ray generating layer 5 is thin, so the irradiated electron penetrates and is not absorbed in the X-ray generating layer 5. The light element with low X-ray generating effectiveness is suitable, for example, beryllium and carbon with a small atomic number are suitable for the electron ray absorption layer 6. Only the thickness which absorbs an electron is required for the thickness of the electron ray absorption layer 6, and it is related also to the acceleration voltage of the electron to irradiate. It is the need about 0.1mm at the time of the acceleration voltage of 100kV, and required 0.3mm or more at the time of the acceleration voltage of 200kV.

[0026] A base material 7 supports the X-ray generating layer 5 and the electron ray absorption layer 6, and has the work which makes the heat generated in the X-ray generating layer 5 by the exposure of an electron ray 1 emit. For this reason, a metal with high thermal conductivity is suitable, for example, copper is used. Since a target is in a vacuum, oxygen free copper or phosphor bronze is suitable for it. This target is cooled through a base material 7.

[0027] The focusing electron ray 1 accelerated with the direct-current high voltage collides with the X-ray generating layer 5, and X-ray 4 occurs. X-ray 4 generated in the X-ray generating layer 5 is taken out from the side by the side of the X-ray generating layer 5, and a target is used as a reflex.

[0028] An example of the manufacture approach of the target shown in this example is explained. First, a base material 7 and the electron ray absorption layer 6 heat an oxygen-free-copper plate and a beryllium foil at 800-900 degrees C with a vacuum furnace, carry out diffused junction, and are formed. After it, the X-ray generating layer 5 is formed by vapor-depositing the tungsten film in sputtering or CVD, and Target T is completed.

[0029] [Example 2] Other examples concerning the first invention are explained. Drawing 2 shows the sectional view of the reflection target concerning other examples of this invention. In drawing 2, among drawing, since the same sign as drawing 1 is an equivalent part, detailed explanation is omitted. Only a new sign is explained. 8 is an X-ray generating object.

[0030] Although the reflection target of this example concerning the first invention is theoretically [ as [an example 1] ] the same and the X-ray generating layer 5 of [example 1] is a



thin film as shown in drawing 2, the X-ray generating object 8 of this example is a minute lump. For this reason, in [example 1], although the beam diameter of the focusing electron ray 1 to the X-ray generating layer 5 needs to converge thinly, even if the beam diameter of the focusing electron ray 1 to the X-ray generating object 8 of this example does not necessarily converge thinly, minute X-ray focal size is obtained.

[0031] The reflection target of this example consists of an X-ray generating object 8, an electron ray absorption layer 6, and a base material 7. If the focusing electron ray 1 is irradiated at the X-ray generating object 8, X-ray 4 will occur from the X-ray generating object 8. The high tungsten and the molybdenum of the melting point with a suitable for example, high heavy metal of X-ray generating effectiveness are suitable for the X-ray generating object 8. Moreover, although the magnitude is based on the X-ray focal size for which it asks, 1 micrometer, then focal size 1 micrometer are obtained in the magnitude. Since it is the same as that of [example 1] about the electron ray absorption layer 6 and a base material 7, detailed explanation is omitted.

[0032] [Example 3] Other examples concerning the first invention are explained. Drawing 3 shows the sectional view of the reflection target concerning the example of further others of this invention. In drawing 3, among drawing, since the same sign as drawing 2 is the same part, detailed explanation is omitted. Only a new sign is explained. 9 is a protective layer. As shown in drawing 3, although the reflection target of this example concerning the first invention is theoretically the same, it adds a protective layer 9 with [an example 2].

[0033] The reflection target of this example consists of the electron ray absorption layer 6, a base material 7, an X-ray generating object 8, and a protective layer 9, and is. A protective layer 9 protects the X-ray generating object 8 mechanically, and has the operation which prevents the fall etc. A light element with low X-ray generating effectiveness is suitable because of the need of lessening the reflection electron and secondary electron by the focusing electron ray 1, and preventing these X-ray generations by electrons.

[0034] An example of the manufacture approach of above [example 2] and the reflection target of [example 3] is explained. First, a base material 7 and the electron ray absorption layer 6 heat an oxygen-free-copper plate and a beryllium foil at 800-900 degrees C with a vacuum furnace, carry out diffused junction, and are formed. The tungsten film is vapor-deposited in sputtering or CVD after it and on this. A resist is applied on the tungsten film, exposure by the electron beam is given, after developing a resist, the unnecessary tungsten film is etched, and the part used as the X-ray generating object 8 is formed. And removal of a resist completes the reflection target of [example 2]. Furthermore, if polyimide is applied and a protective layer 9 is formed, the reflection target of [example 3] will be completed.

[0035] [Example 4] One example of further others of the first invention is explained. Drawing 4 is the explanatory view of the target concerning the example of further others of this invention. Among drawing, since the same sign as drawing 1 is an equivalent part, the explanation is omitted. 20 is a heat sink and 21 is a revolving shaft. The point that this example is different from the target of [example 1], [example 2], and [example 3] is rotating a target. it is the description that the temperature rise of the part which comes out by this when the exposure location of an electron beam changes every moment and by which a target is irradiated is suppressed.

[0036] The target T of this example carries out diffused junction of the X-ray generating layer 5 and the electron ray absorption layer 6, joins the electron ray absorption layer 6 and a heat sink 20 further, and is constituted. Said target T is rotated with a revolving shaft 21. Like [example 1], the X-ray generating layer 5 is a layer which generates X-ray 4 by the exposure of the focusing electron ray 1, and a high and, high heavy metal of the melting point of X-ray generating effectiveness, for example, a tungsten, molybdenum, etc., is suitable for it.

[0037] Moreover, although the thickness is based on the X-ray focal size for which it asks, 1-micrometer order is good for obtaining the focal size of 1 micrometer. At this time, the beam diameter of the \*\*\*\* electron ray 1 needs to be converging on 1 micrometer or less. Since the X-ray generating layer 5 is thin, the electron of the irradiated \*\*\*\* electron ray 1 cannot absorb in the X-ray generating layer 5.

[0038] The electron ray absorption layer 6 is a layer which absorbs the electron of \*\*\*\*\*

collection \*\*\*\*\* 1 for the X-ray generating layer 5. A light element with low X-ray generating effectiveness is suitable for the electron ray absorption layer 6. For example, beryllium, carbon, etc. with a small atomic number are suitable. Only the thickness which absorbs an electron is required for the thickness of the electron ray absorption layer 6, and it is related to the acceleration voltage of the electron to irradiate. It is the need about 0.1mm at the time of the acceleration voltage of 100kV, and required 0.3mm or more at the time of the acceleration voltage of 200kV.

[0039] A heat sink 20 takes the heat generated in the X-ray generating layer 5 by the exposure of the \*\*\*\* electron ray 1, and carries out accumulation, and has the work which radiates heat. Therefore, such a certain amount of good therefore volume that is heat capacity is required that it becomes size. The quality of the material has carbon the function which it should have to the heat conductivity is good, and large, for example, good etc. Although an X-ray and heat occur in the X-ray generating layer 5 by the exposure of the \*\*\*\* electron ray 1, Target T is rotated around a revolving shaft 21 so that the exposure location of the \*\*\*\* electron ray 1 may change every moment.

[0040] It is made for the exposure section of the X-ray generating layer 5 by collection \*\*\*\*\* 1 of twists not to become an elevated temperature locally at this. The generated heat is stored in a heat sink 20, and propagation stripping is gradually carried out to a perimeter from a heat sink 20. In this example, although the component of the X-ray generating layer 5 shown in [example 1] as an X-ray generating layer was carried out and it was used, even if it uses the X-ray generating object 8 which [example 2] and [example 3] explained, it does not interfere.

[0041] [Example 5] Next, one example of the second invention is explained. Drawing 5 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. Drawing 5 is incorporating and using the target of [example 1] for X line source, and shows a part of X line source. In drawing 5, among drawing, since the same sign as drawing 1 is an equivalent part, detailed explanation is omitted. Only a new sign is explained. For 13, as for an X-ray ejection aperture and 15, a vacuum housing and 14 are [ the pipe for cooling and 16 ] the refrigerants for cooling.

[0042] Target T consists of a base material 7 of oxygen free copper, an electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil, and an X-ray generating layer 5 of the tungsten film. Target T is contained in the vacuum housing 13, and if the focusing electron ray 1 is irradiated, X-ray 4 will occur. Generated X-ray 4 is taken out from the X-ray ejection aperture 14 outside.

[0043] The X-ray ejection aperture 14 has the good matter with the high transmission of an X-ray, for example, beryllium is suitable for it. Moreover, the pipe 15 for cooling is joined to the base material 7 of oxygen free copper, and the refrigerant 16 is poured by the inside of the pipe 15 for cooling. In the example of drawing 5, although it is joined and the base material 7 and the pipe 15 for cooling serve as another object, even if it drills a circulation hole in the oxygen-free-copper base material 7 and circulates a refrigerant 16 directly in said circulation hole, they do not interfere.

[0044] Actuation of this example is explained. The X-ray generating layer 5 is irradiated by the focusing electron ray 1, and it generates a lot of heating values while it emits X-ray 4. The generated heat gets across to the electron ray absorption layer 6 by heat conduction, and it is continuously conducted to a base material 7. The heat by which heat conduction was carried out to the base material 7 is away held by the refrigerant 16 in the pipe 15 for cooling outside. A circulation hole is drilled in the oxygen-free-copper base material 7, and a result with the same said of the form where a refrigerant 16 is circulated directly is obtained.

[0045] Thus, the heat of Target T is carried to the exterior with a refrigerant 16, and is cooled. A refrigerant 16 is easy to be the usual thing, for example, good with water. Thus, since Target T is cooled, the focusing electron ray of a high current can be irradiated, and a powerful X-ray can be obtained.

[0046] [Example 6] Next, other one example of the second invention is explained. Drawing 6 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. Moreover, the reflection target of [example 1] is used for X line source. In drawing 6, among drawing, since the same sign as drawing 5 is an equivalent part, detailed explanation is omitted.

Only a new sign is explained. 17 is a fan for cooling.

[0047] This example is explained with reference to drawing 6. Target T consists of an X-ray generating layer 5 of the tungsten film, and an electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil. The electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil is joined to the vacuum housing 13. In this case, the case where the base material 7 is omitted is explained. X-ray 4 generated by the exposure to the X-ray generating layer 5 of the focusing electron ray 1 is taken out from the X-ray ejection aperture 14 outside. The heating value generated in coincidence is told to a vacuum housing 13 through the electron ray absorption layer 6.

[0048] The vacuum housing 13 which carried out heat transfer is cooled by the fan 17. Therefore, the heat drop of the X-ray generating layer 5 and a vacuum housing 13 is quick, and a large next door and the generated heating value get across to a vacuum housing 13. Consequently, since it is cooled, Target T can irradiate the focusing electron ray of a high current, and it can obtain a powerful X-ray.

[0049] [Example 7] Next, one example of further others of the second invention is explained. Drawing 7 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. The reflection target of [example 1] is used for X line source. Among drawing, since drawing 5 and the same sign as 6 are equivalent parts, detailed explanation is omitted. Only a new sign is explained. 18 is an electronic cooling element.

[0050] Target T consists of an X-ray generating layer 5 of the tungsten film, an electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil, and a base material 7 of oxygen free copper. Target T is joined to the vacuum housing 13 through the electronic cooling element 18, and a vacuum housing 13 is cooled by the fan 17.

[0051] Cooling actuation of this example is explained. X-ray 4 generated by the exposure of an electron ray 1 is taken out from the X-ray ejection aperture 14 outside. The heat generated with Target T in coincidence is carried to a vacuum housing 13 by work of the heat sink of an electronic cooling element 18. Since a vacuum housing 13 is cooled by the fan 17, the heat drop of Target T and a vacuum housing 13 is quick, and a large next door and the generated heating value get across to a vacuum housing 13. Consequently, since it is cooled, Target T can irradiate the focusing electron ray of a high current, and it can obtain a powerful X-ray.

[0052] This example does not have fear of leakage-of-water accident in order not to use refrigerants, such as cooling water, and in order that it may use an electronic cooling element, the cooling engine performance is excellent. Although the above and the target used from [example 5] by [example 7] were targets of [example 1], even if the target which consists of X-ray generating objects shown in [example 3] from [example 2] is used for it, it can completely obtain a result similarly.

[0053] [Example 8] One example of further others of the second invention is explained. Drawing 8 is the explanatory view of the target concerning the example of further others of this invention. Drawing 8 is the example of X line source incorporating the rotating target as shown in [example 4] shown in drawing 4. In drawing 8, among drawing, since drawing 1 and the same sign as 5 are equivalent parts, detailed explanation is omitted. Only a new sign is explained. For 21, as for a rotor and 25, a revolving shaft and 24 are [ a stator and 26 ] bearings.

[0054] Target T vapor-deposits the X-ray generating layer 5 of the tungsten film with a thickness of about 1 micrometer by sputtering or CVD on the front face of the base material 7 of the carbon of a cone form. The base material 7 made from carbon has both operations with the absorption layer of the electron which penetrated the X-ray generating layer 5 of the focusing electron ray 1, and the heat sink of the heat generated in the X-ray generating layer 5 by the exposure of the focusing electron ray 1.

[0055] Target T is rotated with a revolving shaft 21. Said revolving shaft 21 is held at bearing 26, and carries out high-speed rotation with a rotor 24 and a stator 25. While a vacuum housing 13 connotes the aforementioned target T, a revolving shaft 21, a rotor 24, and bearing 26 grade, the X-ray ejection aperture 14 is formed in the external surface. The light element which lets an X-ray pass well, for example, a beryllium plate, is suitable for this X-ray ejection aperture 14.

[0056] The focusing electron ray 1 is irradiated by the slant face of a cone form, and changes the location of an exposure side every moment by rotation of Target T. For this reason, the

exposure side of Target T does not serve as an elevated temperature locally, and the focusing electron ray of a high current can be irradiated. X-ray 4 generated in the exposure side of the target T by the focusing electron ray 1 is taken out from the X-ray ejection aperture 14.

[0057] [Example 9] One example of further others of the second invention is explained. Drawing 9 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. Drawing 9 is the example of X line source incorporating the target which [example 7] shown in drawing 7 rotates. Among drawing, since the same sign as drawing 8 is an equivalent part, it omits explanation. This example is completely theoretically [ as [example 8] ] the same. As shown in drawing 9 , Target T attaches the tungsten film to the end face of the base material 7 of the carbon of a cylindrical shape, and forms the X-ray generating layer 5. Furthermore, Target T is rotated with a revolving shaft 21.

[0058] The revolving shaft 21 of this target T is held at bearing 26, and carries out high-speed rotation with a rotor 24 and a stator 25. There is an X-ray ejection aperture 14 in a vacuum housing 13, and X-ray 4 generated by the exposure of the focusing electron ray 1 is taken out from here. It has leaned aslant to the optical axis of the focusing electron ray 1, and X-ray 4 is made easy to take out and the revolving shaft 21 of Target T is a thing.

[0059] [Example 10] One example of further others of the second invention is explained. The explanatory view of X line source of the target which drawing 10 requires for the example of further others of this invention, and drawing 11 are the sectional views of X line source of the target of drawing 10 . Drawing 10 and 11 are the examples of X line source incorporating the target which [example 7] shown in drawing 7 rotates. Among drawing, since the same sign as drawing 8 is an equivalent part, it omits explanation.

[0060] As shown in drawing 10 , Target T makes the tungsten film adhere to the cylinder side of the base material 7 of cylindrical shape-like carbon, and forms the X-ray generating layer 5 in it. Target T is rotated with a revolving shaft 21. The revolving shaft 21 of said target T is held at bearing 26, and carries out high-speed rotation with a rotor 24 and a stator 25.

[0061] In this example, the optical axis and said revolving shaft 21 of the focusing electron ray 1 will tend to intersect perpendicularly, therefore the focusing electron ray 1 will irradiate the X-ray generating layer 5 in the cylinder side of Target T. As shown in drawing 11 , the X-ray ejection aperture 14 is formed in the vacuum housing 13, and X-ray 4 generated by the exposure of the focusing electron ray 1 is taken out.

[0062] When the X-ray generating layer 5 of the tungsten film deteriorates by the exposure of the focusing electron ray 1, the target T of a cylindrical shape is moved to shaft orientations (it sets to drawing 10 and is the direction of up-and-down), and it is made for the focusing electron ray 1 to irradiate the field of the new X-ray generating layer 5. Thereby, the turnover rate of Target T can be reduced.

[0063] [Example 11] One example of further others of the second invention is explained. Drawing 12 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. In a minute focal X line source, in order to use a detailed focusing electron beam, it is necessary to unite the focus of an electron beam with the X-ray generating layer 5 of Target T certainly. Although it can unite looking at the transparency X-ray image of a sample, the focus of an electron beam serves as a required activity of time and effort very much, when an X-ray image cannot be observed in the real time. Then, the focal detection approach of other electron beams is needed. In this example, a focus is detected using a scan electronic image and X line source which can double a detailed focusing electron beam with the X-ray generating layer 5 of Target T is explained.

[0064] In drawing 12 , among drawing, since the same sign as drawing 1 is an equivalent part, explanation is omitted. Only a new sign is explained. For a metal mesh and 31, as for an electron lens and 33, a filament and 32 are [ 30 / a deflecting coil and 34 ] electron ray detectors. The focusing electron ray 1 generated with the filament 31 converges with an electron lens 32, and is irradiated by Target T. Target T consists of an X-ray generating layer 5, an electron ray absorption layer 6, and a base material 7.

[0065] If the focusing electron ray 1 is irradiated by Target T, a reflection electron and a secondary electron will also be generated in generating and coincidence of an X-ray. A scan

electronic image is obtained by scanning the focusing electron ray 1 with a deflecting coil 33, and detecting a reflection electron or a secondary electron with the electron ray detector 34. Looking at this scan electronic image, the exciting current of an electron lens 32 can be changed and a focus can be put together.

[0066] However, since the X-ray generating layer 5 is a smooth uniform field, it is difficult for doubling the focus of the focusing electron ray 1. Then, the metal mesh 30 is laid on the field of the X-ray generating layer 5. A metal mesh is not uniform, and since a difference is in mass, and the mesh image appears, a focus can be grasped easily.

[0067] Moreover, the mark for focus doubling may be engraved on the X-ray generating layer 5 instead of placing the metal mesh 30. After doubling the focus of the focusing electron ray 1 by the scan electronic image, if the focusing electron ray 1 is irradiated to the scan of the focusing electron ray 1 at a stop and one point and an X-ray is generated, a minute focal X line source will be acquired.

[0068] [Example 12] One example of further others of the second invention is explained. Drawing 13 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. In the X-ray CT and laminography which are one of the applicable fields of an X-ray, the X-ray generation source which the point generating [ X-ray ] rotates may be needed. This example explains the example of the reflection target made to rotate the point of a minute focus generating [ X-ray ] according to the rotation deviation of a focusing electron ray.

[0069] In drawing 13, since drawing 1 and the same sign as 10 and 12 are equivalent parts, explanation is omitted. Only a new sign is explained. 40 is a vacuum pump. The structure of Target T is the structure where the electron ray absorption layer 6 is joined to the base material 7 of a circular ring, and the X-ray generating object 8 is formed in the top face.

[0070] The configuration of the X-ray generating object 8 makes a circular ring form nothing and magnitude with the magnitude of the cross section equal to the X-ray focal size for which it asks. A metal with the consideration to a generating heating value to high and X-ray generating effectiveness and the high melting point is suitable for the quality of the material, for example, a tungsten etc. is suitable for it.

[0071] The electron ray absorption layer 6 is a light element with little generating of an X-ray, for example, beryllium is used. Sufficient thickness to absorb an electron is required for the thickness, for example, when electronic acceleration voltage is 200kV, it is required 0.3mm. In order to miss efficiently the heat generated by electronic exposure, the good metal of heat conduction of a base material 7, for example, the metal of a copper system, is good. Furthermore, cooling positively using cooling water and an electronic cooling element is also considered.

[0072] Next, actuation of this example is explained. The focusing electron ray 1 generated with the filament 31 converges with an electron lens 32, is irradiated by the X-ray generating object 8 with a deflecting coil 33, and generates X-ray 4. While the focusing electron ray 1 irradiates the X-ray generating object 8 of a circular ring with a deflecting coil 33, the irradiating point is moved in accordance with the X-ray generating object 8. Therefore, the point of generating an X-ray is rotated.

[0073] Since the cross section of the X-ray generating object 8 is small, a minute focus is acquired regardless of the beam diameter of the focusing electron ray 1. Moreover, said device member is prepared in the vacuum housing 13, and the interior is held with the vacuum pump 40 at the vacua. Generated X-ray 4 is taken out from the X-ray ejection aperture 14 outside.

[0074] [Example 13] One example of further others of the second invention is explained. Drawing 14 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. The sectional view of X line source which drawing 14 (a) requires for the example of further others of this invention, and drawing 14 (b) are the explanatory views of the target used for X line source of drawing 14 (a). This example explains the example of X line source using the transmission target made to rotate the point of a minute focus generating [ X-ray ] according to the rotation deviation of the focusing electron ray 1. Among drawing, since the same sign as drawing 13 is an equivalent part, the explanation is omitted. Only a new sign is explained. 42 is a \*\*\*\* form radiopacity aperture.

[0075] Target T attaches the X-ray generating object 8 of a circular ring configuration in the

radiopacity aperture 42 which has stopped the vacuum. A light element with little absorption of an X-ray with little [ and ] generating of the X-ray by electronic exposure is suitable for the radiopacity aperture 42. For example, the sheet metal of beryllium etc. is suitable.

[0076] Magnitude of the cross section of an X-ray generating object is made into magnitude equal to the X-ray focal size for which it asks, and a metal with the high melting point with high and X-ray generating effectiveness is suitable for the quality of the material. For example, a tungsten etc. is suitable. In this example, the example which arranged the X-ray generating object 8 2 round is shown, and the point that radii of gyration differ generating [ X-ray ] can be chosen.

[0077] Next, actuation of this example is explained. The focusing electron ray 1 generated with the filament 31 converges with an electron lens 32, is irradiated by the X-ray generating object 8 with a deflecting coil 33, and generates X-ray 4. The focusing electron ray 1 is rotated in accordance with the X-ray generating object 8 of a circular ring with a deflecting coil 33, and the generating point of X-ray 4 is rotated.

[0078] Since the cross section of the X-ray generating object 8 is small, a minute focus is acquired irrespective of the beam diameter of the focusing electron ray 1. Moreover, said device member is prepared in a vacuum housing 13, and is held by the vacuum pump 40 at the vacua.

[0079] Since the conventional X line source of the same kind was difficult for aberration to make a focusing electron ray thin greatly for the rotation deviation of a focusing electron ray, minute focal size was not able to be obtained. However, in this example, minute focal size can obtain by devising the structure of an X-ray generating target.

[0080] [Example 14] One example of the third invention is explained. Drawing 15 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. There are continuous X-rays and characteristic X ray in an X-ray. A focusing electron ray collides with the target for X-ray generating, continuous X-rays receive Coulomb force by the electric field of the atomic nucleus in said target matter, and when an electronic course is bent and slowed down, they are emitted to 1 \*\*. Therefore, the wavelength of continuous X-rays is related to electronic acceleration voltage. If a high-speed electron collides, the electron of the inner shell near a nucleus will be driven in an atomic nucleus and the electron of each husks which surround it, and characteristic X ray is emitted when the electron of an outer shell changes after it. Therefore, the wavelength of characteristic X ray is related to the quality of the material of said target.

[0081] For this reason, when using characteristic X ray, said target is exchanged in many cases. It is convenient if you can perform exchange of this target easily. The quality of the material of the thin film made to generate an X-ray is made to change by the location with reference to drawing 15 , and by changing the location of the X-ray generating layer which a focusing electron ray is deflected and is irradiated explains X line source switched in the quality of the material of an X-ray generating layer in an instant.

[0082] drawing 15 -- setting -- T -- a target and 1 -- a focusing electron ray and 4A -- characteristic X ray and 6 -- for the pipe for cooling, and 16, as for a deflecting coil and 35, the refrigerant for cooling and 33 are [ an electron ray absorption layer and 7 / a base material and 15 / the 1st metal membrane and 36 ] the 2nd metal membrane. Target T joins the electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil to the base material 7 of an oxygen-free-copper plate, and joins the 1st metal membrane 35 and 2nd metal membrane 36 on it further.

[0083] The 1st metal membrane 35 and 2nd metal membrane 36 are an X-ray generating layer, and the ingredient which has the characteristic X ray of the wavelength to need, respectively is chosen. Although the thickness is based on desired X-ray focal size, it is around 1 micrometer, and it can be formed by sputtering or CVD. Cooling of Target T is performed by pouring a refrigerant 16 to a cooling pipe 15.

[0084] Actuation of this example is explained. Target T irradiates the focusing electron ray 1, and characteristic-X-ray 4A is generated from an X-ray generating layer. The quality of the material of the X-ray generating layer of a target is changeable by making into the 1st metal membrane 35 or 2nd metal membrane 36 the location which deflects the focusing electron ray 1 and irradiates it with a deflecting coil 33 on the occasion of this exposure. Since the focusing

electron ray 1 can be deflected in an instant, it is switched to the characteristic X ray of different wavelength in an instant.

[0085] What is necessary is just to prepare the metal membrane from which only the number differed, if the target of many classes is needed although the number of a metal membrane is two pieces in this example. Moreover, a refrigerant 16 is not poured, and even if the cooling approach of a target also uses the cooling approach by the fan who shows [example 6] and [example 7], it does not interfere, either.

[0086] [Example 15] Other one example of the third invention is explained. Drawing 16 is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention. This example is the same configuration mostly with [example 14]. Among drawing, since the same sign as drawing 15 is an equivalent part, it omits the explanation. 18 is an electronic cooling element.

[0087] This example establishes much X-ray generating objects 8 instead of the X-ray generating layer of the 1st metal membrane 35 of [example 14], and the 2nd metal membrane 36. This example switches the quality of the material of the X-ray generating layer which generates characteristic X ray in an instant by changing the quality of the material of the X-ray generating layer which generates characteristic X ray by the location like [example 14], and changing the location which a focusing electron ray is deflected and is irradiated.

[0088] Target T joins the electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil to the base material 7 of an oxygen-free-copper plate, and joins much X-ray generating objects 8 on it. That is, the X-ray generating object 8 is made into plurality in the target structure shown in drawing 2 of [example 2]. The ingredient which emits the characteristic X ray of the wavelength to need can be chosen as the X-ray generating object 8.

[0089] If the X-ray generating object 8 becomes a minute lump, even if it does not necessarily converge the beam diameter of the focusing electron ray 1 thinly, minute X-ray focal size will be obtained. In order to obtain the focal size of 1 micrometer, it is desirable to set magnitude of each X-ray generating object 8 to 1 micrometer. Moreover, if the beam diameter of the focusing electron ray 1 makes it thin enough, and thickness of the X-ray generating object 8 is made thin, even if the area of the X-ray generating object 8 is large, it will not interfere.

[0090] The focusing electron ray 1 is irradiated by the X-ray generating object 8 of the quality of the material which takes out the characteristic X ray of the wavelength for which it asks with a deflecting coil 33, and characteristic-X-ray 4A of the wavelength for which it asks is obtained. By changing the X-ray generating object 8 irradiated by the focusing electron ray 1, characteristic-X-ray 4A of different wavelength can be generated in an instant. Moreover, in this example, cooling of Target T does not interfere by other approaches, although cooled by the electronic cooling element 18.

[0091] [Example 16] One example of further others of the third invention is explained. Drawing 17 and 18 are the target explanatory views of X line source concerning the example of further others of this invention. Among drawing, since drawing 15 and the same sign as 16 are equivalent parts, they omit the explanation. Only a new sign is explained. 38 is a thin film and 39 is a protective layer.

[0092] This example changes the quality of the material of the thin film which generates characteristic X ray by the location, a focusing electron ray is deflected, and the quality of the material of a target is switched in an instant by changing the location to irradiate. This example is a transmission target although each above-mentioned example explained the reflection target.

[0093] In drawing 17, Target T is the structure where the X-ray generating object 8 is laid in the thin film 38. A thin film 38 has a desirable light element with little absorption of an X-ray with little generating of the X-ray by electronic exposure, for example, its beryllium foil is the optimal. The X-ray generating object 8 should just choose the ingredient which emits the characteristic X ray of the wavelength to need. Since the X-ray generating object 8 is a minute lump, even if it does not necessarily converge the beam diameter of the focusing electron ray 1 thinly, minute X-ray focal size is obtained. Moreover, if the beam diameter of the focusing electron ray 1 is made thin enough and thickness of the X-ray generating object 8 is made thin, even if the area of the X-ray generating object 8 is large, it will not interfere.

[0094] The focusing electron ray 1 can irradiate the X-ray generating object 8 of the quality of

the material which emits the characteristic X ray of the wavelength for which it asks with a deflecting coil 33, and obtains characteristic-X-ray 4A of the wavelength for which it asks. By changing the X-ray generating object 8 with which the focusing electron ray 1 is irradiated, the wavelength of the characteristic X ray to generate is changeable in an instant.

[0095] Drawing 18 shows what was made into the structure which embeds the X-ray generating object 8 between protective layers 39 in order to prevent the fall of the X-ray generating object 8 etc. A light element with little generating of an X-ray as a protective layer is good. The X-ray generating object 8 is mechanically protected by the protective layer 39.

[0096] [Example 17] One example of the fourth invention is explained. The example of further others of this invention is explained. Drawing 19 is the explanatory view of the high resolution X-ray image pick-up equipment concerning the example of further others of this invention. This example starts the high resolution X-ray image pick-up equipment which used the target explained in each example.

[0097] In drawing 19, since drawing 5 and the same sign as 12 are equivalent parts, explanation is omitted. Only a new sign is explained. 40 -- a vacuum pump and 43 -- an acceleration tube and 44 -- a condensing lens and 45 -- an objective lens and 46 -- a synchronous circuit, and 47a and 47b -- a display and 48 -- a sample and 49 -- for a collimator lens and 52, as for a imaging lens and 54, a mirror and 53 are [ a stage and 50 / an X-ray image intensifier and 51 / a CCD camera and 55 ] controllers.

[0098] X-ray image pick-up equipment is divided roughly from a minute focal X line source, a control section, and a detection system. A filament 31, an acceleration tube 43, a condensing lens 44, a deflecting coil 33, an objective lens 45, and Target T are arranged into the vacuum housing 13 currently held at the vacuum, and the minute focal X line source consists of vacuum pumps 40. Target T is the same configuration as the target T shown by [example 4] of drawing 4.

[0099] That is, the electron ray absorption layer 6 of a beryllium foil is joined to the base material 7 of an oxygen-free-copper plate, and the X-ray generating layer 5 of the tungsten film is vapor-deposited further. The pipe 15 for cooling is formed in a rear face, and it is cooled with the refrigerant 16 which flows that. In this example, although the target shown by [example 4] of drawing 4 was used, even if it uses the target of other examples mentioned above, it does not interfere.

[0100] A control section consists of display 47a which displays the scan image of a synchronous circuit 46 and an electron ray which synchronizes the deviation signal and detecting signal of an electron ray. A detection system consists of display 47b which displays the output of said CCD camera 54 as X-ray image intensifier 50 which changes an X-ray into a visible image, and the lens groups 51 and 52 which carry out image formation of the output of this X-ray image intensifier 50 to CCD camera 54.

[0101] Next, the function of this example is explained. It generates from a filament 31, and is accelerated by the acceleration tube 43, and the focusing electron ray 1 converges by work [ a condensing lens 44 and an objective lens 45 ] of two lenses. in order that a filament 31 may obtain the focusing electron ray of a high current -- quantity -- a brightness 6 way-ized lanthanum filament is suitable. The lens was made into two sheets for extracting the focusing electron ray 1 thinly, if a desired beam diameter can be obtained, one sheet, three sheets, or more than it, if needed, it will arrange and it will not interfere.

[0102] In order to obtain an radioscopy image with a resolution of 1 micrometer, it is necessary to set the diameter of an electron beam to 1 micrometer or less. Moreover, it is necessary to also set thickness of the X-ray generating layer 5 to 1 micrometer or less. The focusing electron ray 1 is irradiated scanning the field top of the X-ray generating layer 5 with a deflecting coil 33. The reflection electron and secondary electron which were generated from the X-ray generating layer 5 by this exposure are detected by the electron ray detector 34.

[0103] A synchronous circuit 46 synchronizes the deviation signal and the detecting signal of the electron ray detector 34 which drive a deflecting coil 33, obtains a scan electronic image, and displays it on display 47a. The focus of the focusing electron ray 1 is doubled on the X-ray generating layer 5, looking at the scan electronic image displayed on this display 47a.



[0104] In this case, if a mesh is laid on the X-ray generating layer 5 as [example 7] of drawing 7 showed, it will be easy to double the above-mentioned focus. After doubling the above-mentioned focus, the focusing electron ray 1 stops the deviation by the deflecting coil 33, irradiates one point of the X-ray generating layer 5, and generates X-ray 4. X-ray 4 is taken out from the X-ray ejection aperture 14 outside.

[0105] Thus, small [ the diameter of a line source ], since acquired X line source has the detailed focus, penumbra dotage does not occur in the transmission image of a sample, but an radioscopy image with high resolution is obtained by it. When Target T receives damage by the exposure of the focusing electron ray 1, a little location which the focusing electron ray 1 irradiates with a deflecting coil 33 is made to shift. Thereby, the life of Target T can reduce elongation and its turnover rate.

[0106] A sample 48 is put on a stage 49, is put on the position between the X-ray generating layer 5 and X-ray image intensifier 50, and receives the exposure of the X-ray from a minute focal X line source. The X-ray which penetrated the sample 48 is changed into a visible image with X-ray image intensifier 50. Image formation of the output image of X-ray image intensifier 50 is carried out to CCD camera 54 with a collimator lens 51 and the imaging lens 53. The sample image by which image formation was carried out is displayed on display 47b.

[0107] A mirror 52 is arranged between a collimator lens 51 and the imaging lens 53, and a detection system can be miniaturized by bending an optical path. As for CCD camera 54, it is optimal to use the cooling form CCD camera in which long duration exposure is possible in respect of sensibility or a dynamic range. CCD camera 54 is controlled by the controller 55, and displays a detection image on a display 47. Although, as for the X-ray image pick-up section, detection systems other than the combination of X-ray image intensifier 50 and a CCD camera do not interfere, either, this combination system has high sensibility, and it tends to use it.

[0108]

[Effect of the Invention] As explained to the detail above, according to this invention, cooling nature can have the advantage of being good in the first place, and it can be provided with the small target for X-ray generating for the generating field of an X-ray. It can do, although X line source from which the X-ray of the high power which used the above-mentioned target for the second is obtained is offered. The third can offer X line source which changes the quality of the material of the above-mentioned target, and can change wavelength ease and quickly in X line source which outputs characteristic X ray. The fourth can offer the X-ray image pick-up equipment of the high resolution which used the above-mentioned X line source.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of the reflection target concerning one example of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view of the reflection target concerning other one example of this invention.

[Drawing 3] It is the sectional view of the reflection target concerning one example of further others of this invention.

[Drawing 4] It is the sectional view of the reflection target concerning one example of further others of this invention.

[Drawing 5] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 6] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 7] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 8] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 9] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 10] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 11] It is the sectional view of X line source of drawing 10 .

[Drawing 12] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 13] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 14] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 15] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 16] It is the explanatory view of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 17] It is the explanatory view of the target of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 18] It is the explanatory view of the target of X line source concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 19] It is the explanatory view of the high resolution X-ray image pick-up equipment concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 20] It is the sectional view of the conventional transparency mold thin film target.

[Description of Notations]

T Target

1 Focusing Electron Ray  
4 X-ray  
5 X-ray Generating Layer  
6 Electron Ray Absorption Layer  
7 Base Material  
8 X-ray Generating Object  
13 Vacuum Housing  
14 X-ray Ejection Aperture,  
15 Pipe for Cooling  
16 Refrigerant  
17 Fan for Cooling  
18 Electronic Cooling Element  
20 Heat Sink  
21 Revolving Shaft  
24 Rota  
25 Stator  
26 Bearing  
31 Filament  
32 Electron Lens  
33 Deflecting Coil  
34 Electron Ray Detector  
40 Vacuum Pump  
42 \*\*\*\* Form Radioparency Aperture  
43 Acceleration Tube  
44 Condensing Lens  
45 Objective Lens  
46 Synchronous Circuit  
47a, 47b Display  
48 Sample  
49 Stage  
50 X-ray Image Intensifier  
51 Collimator Lens  
52 Mirror  
53 Imaging Lens  
54 CCD Camera  
55 Controller

---

[Translation done.]